การประชุมวิชาการระดับชาติ

พะเยาวิจัย 15

PROCEEDINGS

PHAYAO RESEARCH CONFERENCE



วิทยาศาสตร์สุขภาพ



วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

26 - 27 JANUARY 2026

UNIVERSITY OF PHAYAO

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 15

หัวข้อ "SDG Global Connect: Learning form Best Practices"

วันที่ 26–27 มกราคม 2569 ณ มหาวิทยาลัยพะเยา

พิมพ์ครั้งที่ 1 กุมภาพันธ์ 2569

สงวนลิขสิทธิ์

ข้อมูลทางบรรณานุกรม (Cataloging in Publication Data)

APA (American Psychological Association)

ชื่อผู้แต่ง. (2569). ชื่อบทความ. ใน เสมอ ถาน้อย (บ.ก.), **SDG Global Connect: Learning form Best Practices, รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 15.** น.xx–xx. มหาวิทยาลัยพะเยา.

Vancouver Style

[1] ชื่อผู้แต่ง. (2569). ชื่อบทความ. ใน เสมอ ถาน้อย (บ.ก.), SDG Global Connect: Learning form Best Practices, รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 15. น.xx–xx. มหาวิทยาลัยพะเยา.

จัดทำโดย: กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา 56000 โทร 054–466–666 ต่อ 1047–1048

E–mail: prconference@up.ac.th Website: www.prc.up.ac.th

ประสานงานและจัดรูปเล่ม: มนีกานต์ วังแสง

พิสูจน์อักษรและจัดรูปแบบอักษร: รัชฎาภรณ์ แก้วสีบ

ออกแบบและส่วนอื่น ๆ: อัญชลี เทียมคีรี, จักรพงศ์ มาลีพัตร, สิริทัชญา พามณี

ISBN (e–book): 978–616–8315–50–7

หมายเหตุ:

1. บทความในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการฉบับนี้เป็นของผู้เขียนแต่ล่ะท่าน หากผู้เขียนได้ละเมิดลิขสิทธิ์ผลงานของผู้หนึ่งผู้ใด กองบรรณาธิการไม่รับผิดชอบต่อการละเมิดดังกล่าว
2. การจัดประชุมวิชาการระดับชาติเป็นไปตามมาตรฐานการจัดประชุมวิชาการ การจะนำผลงานตีพิมพ์หรือเผยแพร่จากการประชุมวิชาการไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใด ๆ ให้เป็นไปตามประกาศ/ข้อกำหนดของแต่ละสถาบัน/สภาวิชาชีพ

สารจากนายกสภามหาวิทยาลัยพะเยา

ศาสตราจารย์พิเศษอรรถพล ใหญ่สว่าง



การประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัยในปีนี้จัดขึ้นภายใต้หัวข้อ “SDG Global Connect: Learning from Best Practices” นับเป็นอีกหนึ่งเวทีที่สำคัญสำหรับนักวิชาการ นักวิจัย จากหลากหลายสถาบัน ที่จะได้มาร่วมแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ใหม่ๆ ที่สอดคล้องกับบริบทการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน รวมถึงเป็นโอกาศอันดีที่จะสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางด้านวิชาการในอนาคต ที่เป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและสังคมได้อย่างยั่งยืน โดยโลกปัจจุบันเผชิญกับความท้าทายหลากหลายด้าน ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี องค์การสหประชาชาติจึงได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) เป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาเพื่อไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง ซึ่งหัวข้อการประชุมวิชาการ สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของสถาบันอุดมศึกษาและแวดวงวิชาการที่จะเป็นกลไกหนึ่งในการขับเคลื่อน SDG จากเชิงนโยบายสู่การปฏิบัติให้เกิดขึ้นได้อย่างเป็นรูปธรรม

ขอขอบคุณคณะทำงานจัดการประชุมวิชาการ ขอบคุณท่านวิทยากร ผู้ทรงคุณวุฒิ และขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการจัดการประชุมวิชาการ “พะเยาวิจัย” ในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมการประชุมวิชาการครั้งนี้จะนำองค์ความรู้ประสบการณ์ที่ทันสมัยไปประยุกต์ให้ให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน สังคม และประเทศชาติต่อไป

(ศาสตราจารย์พิเศษอรรถพล ใหญ่สว่าง)

นายกสภามหาวิทยาลัยพะเยา

สารจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยพะเยา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร พงศบางโพธิ์



มหาวิทยาลัยพะเยา จัดให้มีการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี ซึ่งในปีนี้เป็นครั้งที่ 15 จัดขึ้นภายใต้หัวข้อ “SDG Global Connect: Learning from Best Practices” ซึ่งเป็นการแสดงถึงบทบาทของมหาวิทยาลัยที่ได้จัดให้มีพื้นที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัย ที่ทันสมัย เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม ให้เกิดความยั่งยืนภายให้เกณฑ์เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) และถือเป็นโอกาศอันดีที่จะสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางด้านวิชาการในอนาคต ที่เป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและสังคมได้อย่างยั่งยืนในระยะยาว ต่อไป

มหาวิทยาลัยพะเยา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการในครั้งนี้ จะก่อให้เกิดการสร้างและพัฒนาผลงานวิจัยและนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยที่จะนำองค์ความรู้ที่ทันสมัยที่ได้จากการประชุมวิชาการครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้สำหรับการพัฒนาองค์กร พัฒนาชุมชน สังคม และประเทศชาติให้มีความเข้มแข็งและเกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนตลอดไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร พงศบางโพธิ์)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยพะเยา

คำนำ

มหาวิทยาลัยพะเยา ได้จัดให้มีการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี โดยปีนี้ได้มีสมาคมวิชาชีพร่วมจัดการประชุมประกอบด้วย สภาคณบดีศิลปะและการออกแบบแห่งประเทศไทย สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ สภาทนายความในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมการศึกษาดิจิทัลและวิศวกรรมการเรียนรู้ และสภาคณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์แห่งประเทศไทย ซึ่งในปีนี้เป็นครั้งที่ 15 ภายใต้หัวข้อ “SDG Global Connect: Learning from Best Practices” เพื่อเป็นเวทีให้กับคณาจารย์ นักวิจัย บุคลากร นิสิต นักศึกษาในระดับอุดมศึกษา รวมไปถึงหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และภาคประชาสังคม ได้ร่วมแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและประสบการณ์ที่ทันสมัย ตลอดจนเปิดโอกาสให้มีการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการสู่สาธารณะ และเป็นการกระตุ้นให้นักวิจัยผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ เพื่อสร้างองค์ความรู้ นวัตกรรมใหม่ ๆ ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ชุมชนและสังคม โดยมีการนำเสนอในรูปแบบการบรรยาย (Oral Presentation) และรูปแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) ในรูปแบบ Hybrid ในระหว่างวันที่ 26 – 27 มกราคม 2569

ในเอกสารฉบับนี้ประกอบด้วย ผลงานวิจัยที่ได้มีการนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัยครั้งที่ 15 นี้ จำนวน ทั้งสิ้น 94 ผลงาน ซึ่งได้มีการนำเสนอออกเป็น 3 กลุ่มสาขา ประกอบด้วย กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกลุ่มการวิจัยด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ดังนี้

ประเภท Oral Presentation	**จำนวน**	**61**	**ผลงาน**
– กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ	จำนวน	10	ผลงาน
– กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	จำนวน	29	ผลงาน
– กลุ่มการวิจัยด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	จำนวน	22	ผลงาน
ประเภท Poster Presentation	**จำนวน**	**33**	**ผลงาน**
– กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ	จำนวน	2	ผลงาน
– กลุ่มการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	จำนวน	20	ผลงาน
– กลุ่มการวิจัยด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	จำนวน	11	ผลงาน

คณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมวิชาการฯ ขอขอบพระคุณ คณะที่ปรึกษา วิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ หน่วยงานร่วมจัด คณะกรรมการฝ่ายต่าง ๆ รวมถึงนักวิจัยผู้นำเสนอผลงานทุกท่านที่ทำให้การจัดการประชุมวิชาการครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้จากการนำเสนอผลงานวิชาการในครั้งนี้จะประโยชน์ต่อนักวิจัยที่จะนำไปพัฒนาหรือแก้ปัญหาให้กับองค์กรชุมชนหรือสังคมให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

คณะกรรมการดำเนินงาน

กุมภาพันธ์ 2569

สารบัญ

กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Poster Presentation)

(HS-P02) การศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Cutibacterium acnes* ของสารสกัดดอกกุหลาบมอญ และการประยุกต์ใช้ในแผ่นแปะเซลลูโลส **โดย** กิตติพงษ์ สงสาร และ ธิดา ไชยวังศรี.....1

(HS-P03) การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เพื่อสุขภาพจากสารสกัดดอกดาวเรือง **โดย** สุรศักดิ์ ใจเขียนดี, กัญญารัตน์ รัศสุวรรณ พิชญธิดา ต๊ะต้องใจ, หฤทัย โลหะ, ชนรดา ลึกกันทึก และ นิศรา บุญเกิด.....12

สารบัญ

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Poster Presentation)

(SCI–P01) การใช้สัตว์วัตถุในการรักษาโรคของชาวไทลื้อ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา **โดย** กิตติชัย จันธิมา และ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง 19

(SCI–P02) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากเปลือกโกโก้
โดย นงนัชชา อินตา และ วิภาวรรณ นันโท 31

(SCI–P04) การพ่นทางใบด้วยไคโตซานต่อการเจริญเติบโต ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร สายพันธุ์พิจิตร 4–4 **โดย** ณัฏฐาวี พัฒนสิริกุล และ เนริสา คุณประทุม 40

(SCI–P05) ผลของการใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน
โดย ศิริพร อ่ำทอง, เมทินี นาคดี, สุริยา บุญทา และ กิตติพันธ์ เพ็ญศรี 55

(SCI–P07) ผลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของกล้วยตานี
โดย รุ่งนภา ช่างเจรจา, หงส์ชัย พงษ์ขาว, กุลธิดา วงศ์ประสิทธิ์, ศิริพร อ่ำทอง และ สันติ ช่างเจรจา 66

(SCI–P08) รูปแบบการสืบพันธุ์ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ (*Anoectochilus burmannicus* Rolfe)
โดย กนกอร ศรีม่วง และ อติพงษ์ กีรติกรกุล 74

(SCI–P09) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาในบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยทะเล จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย **โดย** ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา, ธนพล ไชยพิพัฒนขจร และ เบญจวรรณ คชเสนี 80

(SCI–P11) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาและปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหว้า (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย **โดย** กานต์ธีรา ถุงปัญญา, นิชานันท์ จันทรี, ณัฐกิตติ์ มาฟู, เพ็ญศรี มลิทอง, ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์ และ อรวรรณ วนะชีวิน 93

(SCI–P12) การออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช
โดย อรทัย หวังสันติธรรม, ปวีณา โพธิ์ทอง, จตุพร ตั้งจิตรวิทยากูล และ นุจิรา ทาตัน 106

(SCI–P13) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์–เอ ในฤดูฝนในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง จังหวัดเชียงราย
โดย ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์, กิตติชัย จันธิมา และ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง 116

(SCI–P14) การประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาวะภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน
โดย พิชญ์ชญิศา บุญใส, แพรวพรรณ นันตาวิวัฒน์, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และ สุจิตรา รัตน์จิรานุกูล 125

(SCI–P15) การพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา **โดย** ศิรินทรา บุญมา, เกวรินทร์ จันทร์ดำ, พงศกร ศิริคำน้อย และ รณชัย ทิพย์มณฑา 143

(SCI–P16) การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา **โดย** ภานุวัฒน์ โลมากุล และ นิติ เอี่ยมชื่น 156

(SCI–P17) การวิเคราะห์ระดับนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน บริเวณอำเภองาว จังหวัดลำปาง
โดย พวงทิพย์ แก้วทับทิม และ กานต์ธิดา สุวรรณโยธี 176

(SCI–P18) ผลการพาของวัสดุเม็ดพื้นชนิดแก้วและทรายในภาชนะทรงกระบอกภายใต้ระบบแบบหมุน
โดย เอกพันธ์ ดวงจันทร์, อัจฉริยา ประธาน, ละลิตา ธิอินโต และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร..... 186

(SCI–P19) การวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศด้วยชุดอุปกรณ์อย่างง่าย **โดย** ชาญวิทย์ คำเจริญ..... 199

(SCI–P20) การพัฒนาโปรไฟล์ล้อรถไฟเพื่อเพิ่มเสถียรภาพการวิ่งและลดความเสี่ยงการตกรางด้วยการวิเคราะห์แรงด้านข้าง แรงแนวดิ่งเชิงพลศาสตร์ด้วยการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว **โดย** พิตินันท์ วสันตเสนานนท์, พงษ์ศักดิ์ รุนกระโทก, กัมปนาท ถ่ายสูงเนิน, ชานนท์ บุนนท์ และดนุพร ธรรมพิทักษ์..... 209

(SCI–P21) การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเมื่อยล้าของผู้โดยสารรถไฟชั้น 3 เพื่อพัฒนาการออกแบบเบาะที่นั่งตามหลักการยศาสตร์
โดย พิตินันท์ วสันตเสนานนท์, พงษ์ศักดิ์ รุนกระโทก, กัมปนาท ถ่ายสูงเนิน, มะลิวัลย์ ปารีย์ และมงคล พรรณาภพ..... 224

(SCI–P22) ผลของการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยชุดกิจกรรม STEM ศึกษาเรื่องวิศวกรบ้านลอยน้ำ **โดย** ศิริพร สว่างมงคลชัย, เรวัฒ ทะขันแก้ว, สิริพิชญ์ ภัทรางกูล และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร..... 238

(SCI–P23) การศึกษาระดับ TPACK และปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ **โดย** ทรงภพ ปินตาจันทร์, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และ ชาญวิทย์ คำเจริญ..... 247

สารบัญ

กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (Poster Presentation)

(HU-P01) การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง พลังงานทดแทน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ **โดย** กฤษสมิชฌน์ ศรีปัญญา, อัฐสิษฐ์ ทับทิมแท้ และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร 256

(HU-P02) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับชุดกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของระบบมวล-สปริง ที่ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ อัลตราโซนิค เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน **โดย** ชินภัทธ์ เดชผล, ชเนษฎ์ วิชาศิลป์ และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร ...271

(HU-P03) การศึกษาภาวะสุขภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา **โดย** พัชรินทร์ คัสเตศรี 283

(HU-P04) การบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่มีประสิทธิผล **โดย** เกศิรินทร์ รัตนรักษ์มงคล และ ชาญวิทย์ คำเจริญ 297

(HU-P05) การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน **โดย** ธนัญญา ใจแจ้ง, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และ กัลทิมา พิชัย 311

(HU-P06) ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผ่านกิจกรรม "ไหว-ให้-รอด" เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงาน เป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ **โดย** เบญจมาศ จันทรา, ศิริวรรณ ดวงตาดำ, พิมพ์วรา ศรีชัย และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร 322

(HU-P07) กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระชายและส่งเสริมช่องทางการจัดจำหน่าย ของชุมชน ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ **โดย** กิตติ เขียวทอง และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร 333

(HU-P08) การประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา **โดย** ศราวุฒิ ใจอดทน 342

(HU-P09) ความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็ก ในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี **โดย** ปัทมพร ม่วงมั่งมี, สุปรียา นิสัยดี, วนิดา ชุติมากุล, สุรินทร์ พรหมนุรักษ์กิจ และ บรรจงรัตน์ พรหมสุวรรณศิริ 358

(HU-P10) แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มความได้เปรียบทางการแข่งขัน: กรณีศึกษาบ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก ชุมชนบางกระดี่ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร **โดย** วสพร ตันประเสริฐ 370

(HU-P11) ปัจจัยและแนวทางบริหารทรัพยากรบุคคลเพื่อส่งเสริมการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ มหาวิทยาลัยพะเยา **โดย** รณชัย ทิพย์มณฑา 377

สารบัญ

กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Oral Presentation)

(HS-001) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเจลต้านการอักเสบ จากสารสกัดไพลและดีปลี
โดย นิภาพร ไทยพัฒนกิจ, พรรณนิภา เจ๊กแตงพะเนาว์, จตุพร ประทุมเทศ, รัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์ และ ปราณี ศรีราช ... 391

(HS-002) การพัฒนาบทบาทเภสัชกรด้านแพทย์แผนไทยในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ **โดย** จิตตะวัน จิตระกูล 405

(HS-006) การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยการเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วยการศึกษาจากเหตุไปหาผลแบบย้อนหลัง โดย กัญญามาส เนาว์แสง, ชุติมา ปัญญาแก้ว, พชรพล ศรีไชย, วุฒิพงศ์ โยกาส, ศศิวรณัน์ หิรัญธีรารมย์ และ ปอแก้ว เพ็ชร์คำ 424

(HS-007) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของสารสกัดตรีผลาตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์
โดย อรอนงค์ ภูกิ่งเงิน, ปราณี ศรีราช, บิยวดี คำสวัสดิ์, พรรณิภา เจ๊กแตงพะเนาว์ และ รัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์ 438

(HS-008) Chemotherapy outcomes in cholangiocarcinoma: Exploration from the Isan cohort database
By Arnut Klangprapun, Vasin Thanasukarn, Nisana Namwat, Poramate Klanrit, Attapol Titapun, Watcharin Loilome and Arporn Wangwiwatsin 450

(HS-009) การพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง
โดย รินรดา มีเฉย และ สุทธินันท์ สุบินดี 462

(HS-010) การรับรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัดในโรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่ง
โดย กรกนก คืนดี, สุทธินันท์ สุบินดี และ สุภาวดี เที่ยงธรรม 474

(HS-011) การศึกษาความชุกของการกลายพันธุ์ของ *JAK2* (*JAK2* mutation) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบและโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ **โดย** ธนกร งามสวย, หนึ่งฤทัย นิลศรี, ดวงนภา รุ่งพิบูลโสภิษฐ์, พงษ์พันธ์ จิตต์ธรรม และ พีระพล วอง 490

(HS- 012) อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมของการเก็บรักษาดีเอ็นเออิสระในน้ำคร่ำสำหรับ การตรวจสอบเบต้า-ธาลัสซีเมีย
โดย สิริธร มังคละศรี, ขวัญฤดี มหิงษา, อรุณี ปิงยศ, วรรณวิภา แสงศรีจันทร์, นุจิรา ทาตัน และ เนรัฐชลา สุวรรณคนธ์ 497

(HS- 013) ภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา
โดย เมวิตรา ฉัตรแก้ว, ธนิษฐา พิพัฒสุขสวัสดิ์, ชุติกาญจน์ มิ่งขวัญ และ สุริยนต์ เหลืองตรงกิจ 507

สารบัญ

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Oral Presentation)

(SCI–(001) การศึกษาการเคลือบฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐานด้วยวิธีอาร์เอฟสปัตเตอริงเพื่อเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน **โดย** บุษยรัตน์ เก่งกล้า, ก้องภพ ลิ้มวัชรากูล, ศุภกันต์ ฝันเซียน, สหรัฐ สุวรรณมากเกสร, ปุณณวิชญ์ บุญล้อม, อรจีรา เดี่ยววณิชย์ และ สุทัศน์ รัตนพันธ์ 521

(SCI–(002) กระบวนการลากขึ้นรูปแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีโดยใช้แรงกดดายคูชั่นในการกดจับยึดแผ่นชิ้นงาน **โดย** เชษฐ อุทธิยัง และ นทีชัย ผัสดี 529

SCI–(003) การพัฒนาประสิทธิภาพของรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณด้วยวิธีการของ Searls สำหรับค่าเฉลี่ยประชากรภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย **โดย** ณภัทณ์จันทร์ ด่านสวัสดิ์ 538

SCI–(004) การศึกษาผลกระทบของ การบูรณาการเทคโนโลยี Generative AI กับระบบ ERP ต่อการสร้างรายงาน อัตโนมัติและการพยากรณ์อุปสงค์: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล **โดย** ภัทรดนัย อิ่มอ่อง, ชนินทร์ ตั้งพานทอง และ กนิษฐา บางภู่ภมร 546

SCI–(005) การพัฒนาระบบให้น้ำอัจฉริยะสำหรับสวนส้มสายน้ำผึ้ง โดยใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อควบคุมและติดตามความชื้นและอุณหภูมิในดิน **โดย** อนันต์ วงษ์จันทร์, พุทสายัน นราพินิจ, สมหมาย สารมาท และ แคททรียา ปันทะนะ 557

SCI–(008) การศึกษาประชากรแบคทีเรียตามธรรมชาติในข้าวโพดสับและข้าวโพดหมัก ที่เก็บเกี่ยวในช่วงฝนด้วยเมแทแท็กโซโนมิกส์ **โดย** ชนิกานต์ สุรณีย์ และ ทิพปภา พิสิษฐ์กุล 567

SCI–(009) Initial Chemical Profiling and Bioactivity Evaluation of *Mammea siamensis* and *Mesua ferrea* Extracts **โดย** Pinyaporn Wongsamarn, Wiangping Kudseesaeng and Tippapha Pisithkul 580

SCI–(010) การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีศักยภาพโพรไบโอติกเบื้องต้นจากตัวอย่างปัสสาวะ **โดย** เวียงพิงค์ ขัดสีแสง, พิณญาพร วงค์สามาร, ชนิกานต์ สุรณีย์ และ ทิพปภา พิสิษฐ์กุล 594

SCI–(011) การแยกและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของแบคทีเรียจากเกสรหมักผึ้ง **โดย** เกศกนก ปิดตาระโพธิ์, จิดาภา เตโชพัฒนชัย, ณัฐวดี สุทธนู, ทิพย์วรรณ สรรพสัตย์ และ วิภาศิริ สุนทรชัย 603

SCI–(012) ความหลากชนิดของพืชวงศ์ชบา (Malvaceae *s.l.*) ในอุทยานแห่งชาติดอยภูนางจังหวัดพะเยา **โดย** นันทวัฒน์ บุญนำ และ บุญช่วง บุญสุข 613

SCI–(013) การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ของใบข้าวจากภาพถ่าย RGB **โดย** จุฑารัตน์ ทองใบ, กฤตชญา อิสกุล และ พิมพ์ศิริ สุวรรณพัฒน์ 624

SCI–(015) การประเมินความหลากหลายโดยใช้อนุกรมวิธานเชิงบูรณาการของวงศ์อึ่งกราย (Megophryidae) ในบางพื้นที่ของภาคเหนือ **โดย** พิชชาภรณ์ อธิษฐ์โภคินโชค, แสงวิไล ลอแพงสี และ ฉัตรมงคล สุวรรณภูมิ 637

SCI-(016) การบูรณาการข้อมูลทางกายภาพ เคมี และอิมพีแดนซ์เพื่อใช้สนับสนุนการประเมินคุณภาพและแหล่งผลิตของน้ำผึ้งดอกลำไย **โดย** กมลชนก อ่อนบุญ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี, อัจฉรา แกล้วกล้า, ภัทรานิษฐ์ บุญของ, วินัย วิริยะอลงกรณ์, วัชรินทร์ จันทวรรณ และ เอกวิทย์ ตรีเนตร 649

SCI-(017) การประเมินสมรรถนะและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแป้นเกลียวที่ใช้แทนข้อต่อเชิงกลในงานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก **โดย** สงกรานต์ อินถานะ, ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง, บัณฑิต สำเนียงเพราะ และ กฤษนันท์ โหราเรือง..... 662

SCI-(018) การปรับปรุงพัฒนาโครงสร้างชั้นรองพื้นทาง ด้วยกากยางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต **โดย** บรรเทิง ภู่พวง, ณัฐวุฒิ พันธุ์พิพัฒน์ และ ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง 675

SCI-(019) การเสริมความแข็งแรงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสาธารณะเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวและน้ำท่วมในภาคเหนือของประเทศไทย **โดย** เจนศักดิ์ คชนิล, ปัทมาภรณ์ เครือฟั่น และ วีรพัศ ติ๊บใจ 686

SCI-(020) ผลกระทบของขนาดมวลรวมหยาบหินบะซอลต์ต่อกำลังอัดและคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต **โดย** บัณฑิต สำเนียงเพราะ, ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง, ณัฐพล อักโข และ เอกรัฐ เศวตวรชิต 702

SCI-(021) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและแท่ง GFRP ในคานคอนกรีตที่มีการต่อทาบของแท่ง GFRP **โดย** ปิยะวัช หลงปาน, ณัฐวุฒิ อินทบุตร และ ประพันธ์ วัฒนาเดชาชาญ 715

SCI-(022) การรับแรงดัดของคานคอนกรีตที่มีอัตราส่วนการเสริมแรงด้วยแท่ง GFRP ที่แตกต่างกัน **โดย** ธนรัฐ ปรีชาจารย์, ณัฐวุฒิ อินทบุตร และ ประพันธ์ วัฒนเดชาชาญ 730

SCI-(023) การรับแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมแรงที่ใช้การเสริมปลอกด้วยแท่ง GFRP **โดย** เอกชัย พุ่มพุทรา, ณัฐวุฒิ อินทบุตร และ ประพันธ์ วัฒนาเดชาชาญ 741

SCI-(024) การเปรียบเทียบการโก่งตัวและการกระจายความเค้นของคานคอนกรีตเสริมเหล็กและคานคอนกรีตเสริม GFRP ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ **โดย** กฤษนันท์ โหราเรือง, ณัฐวุฒิ อินทบุตร, สงกรานต์ อินถานะ และ บัณฑิต สำเนียงเพราะ..... 754

SCI-(025) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการควบคุมแบบ Cascade PI และ Cascade PI ร่วมกับ Feedforward สำหรับระบบถังทรงกระบอกแนวตั้งแบบ Non-Interactive บน PLC SIEMENS S7-1200 **โดย** สาธิต มังคลาจารย์, วิทยา กุดแถลง, ทักษิณ แสงสุวรรณ, วงศกร วงศาโรจน์ และ นที ทองอุ่น 772

SCI-(026) การตรวจจับความผิดปกติของระบบถังคู่ที่ควบคุมด้วย PLC โดยใช้ ANN **โดย** สาธิต มังคลาจารย์, ทักษิณ แสงสุวรรณ, วงศกร วงศาโรจน์, นที ทองอุ่น และ วิทยา กุดแถลง 782

SCI-(027) การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโรเตอร์เครื่องคัดแยกขยะแบบเหวี่ยงด้วยแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ **โดย** วิชพลญ์ ฟักแก้ว, สุทธินันท์ ศรีรัตยาวงศ์, อภิวิชญ์ ขันพันธุ์, ดุสิต อังกุรบุตร์ และ สุธรรม อรุณ 793

SCI-(028) ระบบถ่ายทอดสดเคลื่อนที่สำหรับการอนุรักษ์สัตว์ป่าผ่านโซเชียลเน็ตเวิร์ค **โดย** ธนา อุดมศรีไพบูลย์, ธนวินท์ ไชยประเสริฐ นราศักดิ์ บุญเทพ, พรเทพ โรจนวสุ และ ฐิติรัตน์ เชี่ยวสุวรรณ 805

SCI-(029) การควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือด้วยตัวควบคุม PID เหมาะสมที่สุด **โดย** ภูวดล พิมพิลา, ณัฏฐนรี ปรีจันทร์ม, ภูบดินทร์ อุทธโยธา, ธนิษฐา นำแจ้ และ จงลักษณ์ พาหะชา 819

SCI–(030) การเพิ่มแรงเฉือยเสมือนในไมโครกริดด้วยตัวควบคุม PID เหมาะสมที่สุด
โดย ภัคธีมา อรุณกิจ, กมลลักษณ์ จุ้ยเสือ, จักรพันธ์ สุทำ, ชนัญชิดา ลำดวล และ จงลักษณ์ พาหะซา.....830

SCI–(031) การทดสอบคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบแบบไม่ทำลาย
โดย ณัฐพล อักโข, ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง, เอกรัฐ เศวตวรชิต และ บัณฑิต สำเนียงเพราะ..... 841

SCI–(032) การประเมินคุณสมบัติของวัสดุชั้นทางเดิมร่วมกับวัสดุมวลรวมสำหรับการก่อสร้าง ชั้นรองพื้นทาง
โดย ณัฐวุฒิ พันธุ์พิพัฒน์, บันเทิง ภู่พวง และ ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง.....853

สารบัญ

กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (Oral Presentation)

(HU-001) อิทธิพลของ TikTok ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค
โดย ฐิติมา ช่วยเมือง, กมนธนัส อินทร์ทอง, วัลลภา พัฒนา และ จตุพร จิรันดร.....867

(HU-002) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการวางแผน การเดินทางท่องเที่ยวในต่างประเทศ ของนักท่องเที่ยวชาวไทย **โดย** ศลิดา สายสหัส, วัลลภา พัฒนา, มาริสา หลีเฮะ, ปาริตา เซาะแม, ธีรดา โส๊ะนุ้ย และ นวรัตน์ ผิวนวล.....878

(HU-003) โครงสร้างเงินทุน ความสามารถในการทำกำไร และความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์
โดย ณัฐินี พิทักษ์ตุ้ม, ณัฏฐชัย อ่อนคง, จารุวรรณ เมืองเจริญ และ ชบา ใบงาม.....887

(HU-004) การศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร
โดย เวียง ภู่เทศ.....899

(HU-005) ทัศนคติและการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y
โดย ธีระ ขวัญแก้ว, ธนายุทธ แก้วมณี, ธนากร โอทอง, อรรถพล ชิตมณี, จุลพัฒน์ แซ่ลิ่ม และ วัลลภา พัฒนา.....909

(HU-006) คุณภาพการให้บริการลูกค้าและการสื่อสารปากต่อปากส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย
โดย เบญจวรรณ คงเอียด, กฤติยา เคอร์รี่, เปรมวดี เสียงหวาน, แพรวมณี เอียดดำ, ชลิตา หนูยก, กาญจนรัตน์ ยีสา, วัลลภา พัฒนา และ อรพรรณ จันทร์อินทร์.....918

(HU-007) ทฤษฎีการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวอินทรีย์ **โดย** มัสรา นวลจันทร์, ญาณิศา แปะใส้, ศิริพร ศรีสุวรรณ, ปิยาพัชร รองเดช, วัลลภา พัฒนา และ จุฑามาศ บุญรัศมี.....931

(HU-008) อิทธิพลของ Influencer ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y
โดย นภัสกร จันทร์พูล, ดารินทร์ญา เอียดเปรียว และ วัลลภา พัฒนา.....943

(HU-009) การตั้งถิ่นฐานและความสัมพันธ์กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์บนเส้นทางประวัติศาสตร์อาณาจักรล้านนาบนฐานข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงประวัติศาสตร์ ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22-24 **โดย** ศศิพัชร์ หาญฤทธิ์ และ กัลยาณี สายสุข.....953

(HU-010) แนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล
โดย พชรมน คำวงค์, พัชรีวรรณ กิจมี, สุกัญญา นิมานันท์, พรสันต์ เลิศวิทยาวิวัฒน์ และ รตนภูมิ โนสุ.....964

(HU-011) กริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่ง **โดย** เกียรติศักดิ์ ธนสารบริสุทธิ์ และ จอมขวัญ สุทธินนท์.....979

(HU-012) การแก้ปัญหาการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ และ ร /r/ ในภาษาไทยของผู้พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ โดยใช้การอธิบายฐานกรณ์ **โดย** ฮาซัน บัวเชย และ จอมขวัญ สุทธินนท์.....990

(HU-013) การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณี **โดย** ประพินท์ สังขา, กรนิษฐ์ ชายป่า, พิงพร ศรีแก้ว, ศิวพร จติกุล และ พระครูโสภิตชัยวงศ์ 1005

(HU-014) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ด้านการอ่านจับใจความโดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 3
โดย ปิยดารา มารินทร์ 1018

(HU-015) การศึกษาประวัติ ผลงาน และกระบวนการถ่ายทอดความรู้กีตาร์แจ๊สเบื้องต้นของ อิทธิกร คามาโช
โดย จิราวัฒน์ วนิชศิริ, วราภรณ์ เชิดชู และ วิชญ์ บุญรอด 1033

(HU-016) การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของกฎหมาย กรณีการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา ตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 **โดย** พัณณิตา มะโนพันธ์ และ ธิติ ไวกวี 1046

(HU-017) อัตลักษณ์และการดำรงอยู่ของชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง): กรณีศึกษาบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) หมู่ที่ 3 ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี **โดย** นพรัตน์ ไชยชนะ, ชูชัย ใบสะอาด และ ชญานิศ ใคร่ครวญ 1060

(HU-019) โอกาสและความท้าทาย: การส่งเสริมและพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของภาครัฐและภาคเอกชนแก่ชุมชนพื้นที่สูง อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา **โดย** สุธินี ชุติมากุลทวี, บัญชา พุฒิวนากุล, วรรณาภา ทองแดง, อทิตยา ดวงอำไพ และ รักเกียรติ อินทับทัน 1072

(HU-020) การพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
โดย หนึ่งฤทัย แก้วดวงเล็ก 1081

(HU-022) การศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ **โดย** จารึก พรหมคลี่ 1094

(HU-023) การเปลี่ยนแปลงภาษีสรรพสามิตบุหรี่กับพฤติกรรมการเริ่มสูบและเลิกสูบบุหรี่
โดย สถาปนิก อิสสระ, กำธร ธรรมพิทักษ์ และ อริยา เผ่าเครื่อง 1109

(HU-024) มาตรการทางกฎหมายเพื่อควบคุมอุตสาหกรรมสื่อออนไลน์และผู้มีอิทธิพลบนสังคมออนไลน์ในประเทศไทย: ศึกษากรณีอินฟลูเอนเซอร์ที่รีวิวผลิตภัณฑ์เสริมความงาม **โดย** ศราวุฒิ กันตพงศ์เพชร 1123

Poster Presentation

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

การศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Cutibacterium acnes* ของสารสกัดดอกกุหลาบมอญ และการประยุกต์ใช้ในแผ่นแปะเซลลูโลส

Study on the antibacterial activity of *Rosa damascena* extract against *Staphylococcus aureus* and *Cutibacterium acnes* and its application in cellulose patches

กิตติพงษ์ สงสาร[1] และ ธิดา ไชยวังศรี[1*]

Kittiphong Songsarn[1] and Thida Chaiwangsri[1*]

บทคัดย่อ

ดอกกุหลาบมอญ (*Rosa damascena*) มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย มีสารประกอบพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพและเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ดอกกุหลาบมอญถูกนำมาประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยาและเครื่องสำอางการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Cutibacterium acnes* ของสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ และศึกษาการประยุกต์ใช้สารสกัดในแผ่นแปะเซลลูโลสที่ผลิตจากเชื้อ *Komagataeibacter nataicola* เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อก่อโรคสิวอักเสบ การสกัดดอกกุหลาบมอญด้วยเอทานอล 95% ให้ผลผลิตร้อยละ 6.40 ผลการทดสอบค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration ; MIC) และค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration ; MBC) พบว่าสารสกัดไม่สามารถวัดค่า MIC ได้เนื่องจากสีเข้มของสารสกัดมีผลต่อการสังเกตการเจริญ อย่างไรก็ตามค่า MBC สามารถยืนยันความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ โดยเชื้อ *S. aureus* มีค่า MBC ต่ำสุด 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเชื้อ *C. acnes* มีค่า MBC 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อนำสารสกัดบรรจุในแผ่นแปะเซลลูโลสแล้วทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทดสอบด้วยวิธี agar disc diffusion พบว่าสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญที่บรรจุในแผ่นแปะเซลลูโลสสามารถยับยั้งเชื้อได้ โดยเชื้อ *S. aureus* มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส 12.67 ± 0.58 มิลลิเมตร สำหรับ และเชื้อ *C. acnes* มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส 27.33 ± 0.58 มิลลิเมตร ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญที่บรรจุในแผ่นแปะเซลลูโลสมีฤทธิ์และศักยภาพในการพัฒนาเป็นแผ่นแปะต้านเชื้อโรคก่อโรคสิวอักเสบได้

คำสำคัญ: ดอกกุหลาบมอญ, แผ่นแปะเซลลูโลส, *Staphylococcus aureus*, *Propionibacterium acnes*, ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

[1] จุลชีววิทยา วิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Microbiology School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author : thida.ch@up.ac.th

Abstract

Rosa damascene (Damask rose), commonly known as Damask rose, possesses a wide range of pharmacological activities due to the presence of various bioactive phytochemical compounds. These biologically active constituents play a crucial role in the plant's pharmacological and cosmetic applications. This study aimed to evaluate the antibacterial activity of *Rosa damascena* extract against *Staphylococcus aureus* and *Cutibacterium acnes*, and to investigate its application in cellulose patches produced by *Komagataeibacter nataicola* for the development of a natural product with antibacterial properties against acne-causing pathogens. Extraction of *Rosa damascena* using 95% ethanol yielded 6.40%. The results of the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) tests showed that the MIC could not be determined due to the dark color of the extract, which interfered with growth observation. However, the MBC values confirmed the bactericidal activity of the extract. The MBC for *S. aureus* was 12.5 mg/mL, while that for *C. acnes* was 100 mg/mL. When the extract was incorporated into a cellulose patch and tested for antibacterial activity using the agar well diffusion method, it was found that the cellulose patch contained *Rosa damascena* extract could inhibit bacterial growth. The inhibition zone diameter for *S. aureus* was 12.67 ± 0.58 mm, and for *C. acnes* was 27.33 ± 0.58 mm. The results of this study indicate that the *Rosa damascena* extract incorporated into cellulose patches exhibits antibacterial activity and has potential for development as a natural patch for the treatment of acne-causing bacteria.

Keywords: *Rosa damascena*, Cellulose patch, *Staphylococcus aureus*, *Propionibacterium acnes*, Antibacterial activity

บทนำ

การติดเชื้อแบคทีเรียที่ผิวหนังเป็นปัญหาทางผิวหนังที่พบได้บ่อยในประชากรทั่วไป โดยเฉพาะเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Cutibacterium acnes* (ชื่อเดิม *Propionibacterium acnes*) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดสิวอักเสบ (acne vulgaris) และโรคติดเชื้อผิวหนังอื่น ๆ (Dessinioti et al., 2023) เชื้อ *S. aureus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่พบทั่วไปบนผิวหนังและเยื่อบุของมนุษย์ มักเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อที่ผิวหนังและเนื้อเยื่อ แม้บทบาทโดยตรงในการเกิดสิวยังคงเป็นประเด็นถกเถียง แต่มีรายงานว่าพบเชื้อนี้ในรอยโรคสิวมากกว่าบริเวณผิวหนังปกติ (Claudel et al., 2019) ส่วนเชื้อ *C. acnes* เป็นแบคทีเรียแกรมบวกไม่ใช้ออกซิเจนที่อาศัยอยู่ในรูขุมขนของต่อมไขมัน และสามารถกระตุ้นการอักเสบผ่านกลไกการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันและการสร้างสารก่อการอักเสบ (Leung et al., 2022) การรักษาสิวและการติดเชื้อแบคทีเรียผิวหนังโดยทั่วไปมักใช้ยาปฏิชีวนะ เช่น tetracyclines, erythromycin หรือ clindamycin โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีสิวอักเสบรุนแรง อย่างไรก็ตาม การใช้ยาปฏิชีวนะต่อเนื่องเป็นเวลานานโดยขาดแนวทางที่เหมาะสมก่อให้เกิดภาวะดื้อยา (antibiotic resistance) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในเชื้อ *C. acnes* และแบคทีเรียที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายงานว่าอัตราการดื้อยา erythromycin และ clindamycin เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในหลายประเทศ รวมถึงในภูมิภาคเอเชีย ขณะที่ tetracyclines ยังคงมีอัตราการดื้อยาต่ำกว่า (Mukherjee et al., 2023; Dréno et al., 2022) ด้วยข้อจำกัดของการใช้ยาปฏิชีวนะ จึงเกิดความสนใจในการแสวงหาทางเลือกใหม่จากสารธรรมชาติ โดยเฉพาะสารสกัดจากพืชสมุนไพร ซึ่งมีรายงานว่าสารในกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compounds), ฟลาโวนอยด์ (flavonoids), เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) และน้ำมัน

หอมระเหย (essential oils) สามารถแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Gupta & Sharma, 2021) หนึ่งในพืชสมุนไพรที่ได้รับความสนใจคือ ดอกกุหลาบมอญ (*Rosa damascena*) ซึ่งมีรายงานหลายฉบับระบุว่าน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดของพืชชนิดนี้มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. aureus* และ *C. acnes* ได้อย่างชัดเจน (Ghavam et al., 2024; Echeverría et al., 2022)

น้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญมีองค์ประกอบหลักได้แก่ แอลกอฮอล์ (alcohols) เช่น phenylethyl alcohol, citronellol และ geraniol, เอสเทอร์ (esters) เช่น citronellyl acetate และ geranyl acetate, ฟีนอลิก (phenolics) และฟิวแรนอนุพันธ์ (furan derivatives) ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Echeverría et al., 2022; Kumar et al., 2021) กลไกการออกฤทธิ์หลักของ phenylethyl alcohol คือ การรบกวนโครงสร้างและการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ความสามารถในการรักษาสมดุลภายในเซลล์ลดลงและเกิดการรั่วของไอออนจนเชื้อตาย (Corré et al., 1990)

การประยุกต์ใช้สารสกัดในรูปแบบของผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติได้รับความสนใจมากขึ้นในงานวิจัยทางเวชสำอาง ผลิตภัณฑ์เซลลูโลสชีวภาพที่ผลิตจากแบคทีเรีย *K. nataicola* เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับสารสกัดในรูปแบบของแผ่นแปะบนผิวหนังเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคสิวอักเสบ เนื่องจากเซลลูโลสจากแบคทีเรีย *K. nataicola* มีความบริสุทธิ์สูง โครงสร้างเส้นใยอุ้มน้ำได้ดี มีความยืดหยุ่น และเข้ากันได้ดีกับผิวหนัง (Ren et al., 2023) การผสมสารสกัดจากกุหลาบมอญลงในแผ่นเซลลูโลสดัง กล่าวอาจเพิ่มฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อสิว พร้อมช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นและลดการระคายเคืองผิว จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เวชสำอางธรรมชาติที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในอนาคต (Ghavam et al., 2024; Ren et al., 2023)

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *C. acnes* ด้วยสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ (*Rosa damascena*) รวมถึงศึกษาการประยุกต์สารสกัดจากดอกกุหลาบมอญร่วมกับแผ่นแปะเซลลูโลสที่ผลิตจากแบคทีเรีย *K. nataicola* เพื่อการนำส่งสารออกฤทธิ์อย่างมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อก่อสิวและผิวหนังอักเสบ

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างดำเนินการในพื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือน กันยายน ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2568 โดยเก็บตัวอย่างพืชในช่วงเวลาที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและมีความสมบูรณ์ของสารสำคัญตัวอย่างที่เก็บไม่มีการกำหนดรหัสตัวอย่างเฉพาะ แต่มีการบันทึกข้อมูลสถานที่และวันที่เก็บชัดเจน

การเตรียมตัวอย่าง

หลังจากเก็บตัวอย่างดอกกุหลาบมอญแล้ว นำดอกกุหลาบมอญมาคัดแยกกลีบดอกออกจากฐานรองดอก ล้างกลีบดอกให้สะอาดด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำกลีบดอกไปอบในตู้อบสมุนไพรที่อุณหภูมิ 45–50 องศาเซลเซียสจนแห้งสนิท แล้วเก็บกลีบที่แห้งในถุงปิดสนิทและนำไปเก็บรักษาในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อคงความสมบูรณ์ของสารสำคัญ

วิธีการสกัดสาร

นำกลีบดอกกุหลาบมอญที่สะอาดไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อให้กลีบแห้งสนิท เมื่อได้กลีบดอกแห้งแล้ว ชั่งน้ำหนักกลีบดอกปริมาณ 300 กรัมใส่ลงในขวดดูแรนแก้ว เติมเอทานอลความเข้มข้น 95% ปริมาตร 2,250 มิลลิลิตร ปิดขวดให้สนิทและตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 3 วัน หลังจากครบกำหนดเวลากรองแยกกากดอกไม้ออก แล้วนำสารละลายไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยกำจัดเอทานอลออกจนได้สารสกัดที่ในรูปของสารสกัดหยาบ คำนวณร้อยละผลผลิตของสารสกัดโดยสูตร (% yield = น้ำหนักของสารที่สกัดได้ / น้ำหนักวัตถุดิบ × 100) จากนั้นนำสารสกัดหยาบไปทำให้แห้งต่อด้วยเครื่องทำให้แห้งเยือกแข็ง (freeze dryer) และบรรจุเก็บในขวดปิดสนิทในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –80 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาคุณภาพของสารสกัด

การเตรียมสารสกัด

สารสกัดจากดอกกุหลาบมอญถูกนำไปเตรียมให้ได้ความเข้มข้น 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.5625 และ 0.78125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้สารละลาย Dimethyl Sulfoxide (DMSO) ที่ความเข้มข้น 10% เป็นตัวทำละลาย และใช้ยาปฏิชีวนะเตตราไซคลีน ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นชุดควบคุมในการเปรียบเทียบผลของสารสกัดต้านเชื้อแบคทีเรียทดสอบ

การเตรียมเชื้อ *C. acnes* และ *S. aureus*

การเตรียมเชื้อ *C. acnes* และ *S. aureus* ที่ใช้ในการทดลองนี้ ใช้สายพันธุ์มาตรฐานที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา สำหรับเชื้อ *C. acnes* เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Brain Heart Infusion broth (BHI broth) ภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ส่วนเชื้อ *S. aureus* เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Mueller Hinton Agar (MHA) ภายใต้สภาวะใช้ออกซิเจน (aerobic) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อทั้งสองชนิดมาเจือจางด้วยอาหารเหลวเพื่อปรับความเข้มข้นของเชื้อ วัดค่าความขุ่นของเชื้อด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความเข้มแสง 600 นาโนเมตร ให้ได้เชื้อที่มีความเข้มข้นเท่ากับสารละลายมาตรฐาน McFarland No. 0.5 (1.5×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) จากนั้นนำเชื้อทดสอบที่เตรียมได้ไปใช้ในการประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อของสารสกัดดอกกุหลาบมอญโดยใช้วิธี broth microdilution

การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งและฆ่าเชื้อ *C. acnes* และ *S. aureus*

ในการศึกษานี้ มีการใช้วิธีทดสอบ Broth microdilution และ Agar well diffusion สำหรับการประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ (*Rosa damascena*) ต่อเชื้อ *C. acnes* และ *S. aureus* ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimum Inhibitory Concentration; MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (Minimum Bactericidal Concentration; MBC) การทดสอบแบบ Agar well diffusion อาศัยการที่สารทดสอบซึมผ่านอาหารเลี้ยงเชื้อบนจานเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง เมื่อสารสกัดมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย จะเกิดบริเวณโซนใส (zone of inhibition) รอบแผ่นที่มีสารสกัด โดยขนาดของโซนใสจะถูกนำมาวัดเป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง เพื่อใช้ประเมินฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดในส่วนการทดสอบด้วยวิธี Broth Microdilution มีการเตรียมสารสกัดในช่วงความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วนำไปทดสอบกับเชื้อ แบคทีเรียที่ถูกปรับความเข้มข้นให้เทียบเท่ากับสารละลายมาตรฐาน McFarland No. 0.5 (ประมาณ 1.5×10^8 CFU/mL) โดยเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว ก่อนนำไปบ่มในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ จากนั้นสังเกตผลการเจริญของเชื้อเพื่อหาค่า MIC โดยหลอดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อจะนำไปเพาะเลี้ยงต่อบนอาหารแข็ง เพื่อยืนยันฤทธิ์การฆ่าเชื้อและใช้ในการหาค่า MBC ทั้งนี้ใช้ยาเตตราไซคลีน

(Tetracycline) ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นชุดควบคุม (positive control) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดกับยามาตรฐาน

การหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimal inhibitory concentration, MIC)

การศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *C. acnes* และ *S. aureus* ด้วยสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ เริ่มต้นจากการเตรียมสารสกัดให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลายในสารละลาย DMSO ความเข้มข้นร้อยละ 10 จากนั้นนำมาทำการเจือจางแบบสองเท่า (two-fold serial dilution) เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีความเข้มข้น 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.5625 และ 0.78125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในการทดสอบใช้ DMSO ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นกลุ่มควบคุมเชิงลบ (Negative control) เพื่อยืนยันว่า DMSO ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ และใช้ยาเตตราไซคลีนที่ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวก (Positive control) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับยาปฏิชีวนะมาตรฐาน

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. acnes* และ *S. aureus* มีขั้นตอนดังนี้ เติมสารสกัดแต่ละระดับความเข้มข้นในหลอดทดลองปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วเติมเชื้อที่ปรับความเข้มข้นแล้วปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร รวมเป็น 1 มิลลิลิตรต่อหลอด ทำซ้ำทั้งหมด 3 ชุด (triplicate) จากนั้นนำเชื้อ *C. acnes* ไปบ่มในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ส่วนเชื้อ *S. aureus* บ่มในสภาวะใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังการบ่ม สังเกตความขุ่นของอาหารในแต่ละหลอด หากไม่มีความขุ่นหรือเห็นการลดลงของความขุ่นอย่างชัดเจน บันทึกผลเป็นไม่มีการเจริญของเชื้อ โดยค่าความเข้มข้นของสารสกัดหลอดแรกที่ไม่พบการเจริญของแบคทีเรียถือเป็นค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) และบันทึกผลเป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (Minimal bactericidal concentration, MBC)

หลังจากหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) แล้ว นำหลอดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อมาเพาะเลี้ยงต่อบนอาหาร BHI agar แล้วบ่มในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24–48 ชั่วโมง สำหรับเชื้อ *C. acnes* และนำหลอดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อไปเพาะบนอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) แล้วบ่มในสภาวะใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับเชื้อ *S. aureus* และนำไปอ่านค่า MBC คือความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (MBC) จะไม่พบการเจริญของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมแผ่นแปะเซลลูโลสจากเชื้อ *K. nataicola*

การศึกษานี้เพื่อประเมินฤทธิ์ของสารสกัดดอกกุหลาบมอญที่บรรจุในแผ่นแปะเซลลูโลสจากเชื้อ *K. nataicola* เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งเชื้อก่อสิว *C. acnes* และ *S. aureus* ในขั้นตอนแรกคือ การเพาะเลี้ยงเชื้อ *K. nataicola* บนอาหารวุ้น Yeast Extract Agar (YEA) ให้ได้โคโลนีบริสุทธิ์ จากนั้นนำโคโลนีเดี่ยวไปเลี้ยงในอาหารเหลว Yeast Extract Broth (YEB) เพื่อกระตุ้นการสร้างฟิล์มเซลลูโลสที่ผิวน้ำซึ่งจะใช้เป็นหัวเชื้อผสมในอาหารหมักที่มีน้ำมะพร้าวสด น้ำส้มสายชู และน้ำตาลทราย อัตราส่วนหัวเชื้อต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 5–10%(v/v) ในภาชนะพาสเจอร์ไรส์และคลุมด้วยกระดาษไขเจาะรู บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสภาวะนิ่ง 7–10 วัน ในช่วงแรกจะเกิดฟิล์มเซลลูโลสสีขาวขุ่นที่ผิวน้ำ เมื่อครบระยะบ่มจะได้แผ่นเซลลูโลสเหนียว ยืดหยุ่น หนาเฉลี่ย 10 มม. นำไปล้างในน้ำกลั่นและต้มที่ 80–90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ซ้ำหลายครั้งเพื่อขจัดเซลล์แบคทีเรีย จากนั้นอบแห้ง 65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง แล้วเจาะเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ก่อนใช้จะต้องทำแผ่นเซลลูโลสให้

ปลอดเชื้อโดยอบฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 20 นาที แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียทดสอบของแผ่นแปะเซลลูโลสที่บรรจุสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ

นำแผ่นเซลลูโลสที่เตรียมไว้มาเติมสารสกัดกุหลาบมอญปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อแผ่น โดยหยดให้ทั่วผิวแผ่นแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้สารสกัดซึมเข้าสู่แผ่นเซลลูโลส การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อใช้วิธี Agar well diffusion method โดยป้ายเชื้อบนผิวหน้าอาหาร 3 ระนาบด้วยไม้พันสำลีที่ฆ่าเชื้อแล้ว เชื้อ *S. aureus* ใช้อาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) และเชื้อ *C. acnes* ใช้อาหาร BHI Agar จากนั้นวางแผ่นแปะเซลลูโลสที่บรรจุสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญลงบนผิหน้าอาหาร โดยการทดสอบแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดสอบ (แผ่นเซลลูโลส+สารสกัด) กลุ่มควบคุมลบ (แผ่นเซลลูโลส+10% DMSO) และกลุ่มควบคุมบวก (แผ่นยา Tetracycline 30 ไมโครกรัม) จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มโดยเชื้อ *S. aureus* บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมงสำหรับ และเชื้อ *C. acnes* บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48–72 ชั่วโมงในตู้บ่ม CO_2 หลังการบ่ม วัดขนาดโซนใสของการยับยั้งเชื้อรอบแผ่นเซลลูโลสที่บรรจุสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลผลการทดลองทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ($p < 0.05$ ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)

ผลการศึกษา

ผลการสกัดดอกกุหลาบมอญ

การสกัดกลีบดอกกุหลาบมอญด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ให้ผลผลิตร้อยละ 6.40 ของน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง ลักษณะของสารสกัดเป็นของเหลวหนืดสีชมพูเข้ม มีกลิ่นหอมของดอกกุหลาบมอญ

ผลการทดสอบค่า MIC และ MBC ของเชื้อ *C. acnes* และ *S. aureus*

จากผลการทดสอบพบว่าสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญแสดงฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดี โดย *S. aureus* มีความไวต่อสารสกัดมากที่สุด สามารถถูกฆ่าได้ที่ความเข้มข้น 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนเชื้อ *C. acnes* มีความไวรองลงมา ถูกฆ่าได้ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อได้จริง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimal Bactericidal Concentration) ของสารสกัดดอกกุหลาบมอญต่อเชื้อ *S. aureus* และ *C. acnes*

ชนิดของเชื้อแบคทีเรีย	MIC (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	MBC (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
S. aureus	25	12.5
C. acnes	200	100

ND = Not Detectable

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อด้วยแผ่นแปะ

จากตารางที่ 2 พบว่าแผ่นแปะเซลลูโลสที่บรรจุสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญสามารถสร้างบริเวณวงใสได้ในจานเพาะเชื้อของ *S. aureus* และ *C. acnes* โดยให้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเฉลี่ยเท่ากับ 12.67 ± 0.58 มิลลิเมตร และ 27.33 ± 0.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในส่วนแผ่นแปะควบคุมเชิงลบที่ไม่มีการบรรจุสารสกัดไม่พบการเกิดวงใส (NC) ส่วนกลุ่มควบคุมบวกที่ใช้ยามาตรฐาน Tetracycline พบว่ามีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสเฉลี่ยเท่ากับ 30.00 ± 0.00 มิลลิเมตร สำหรับ *S. aureus* และ 54.00 ± 3.46 มิลลิเมตร สำหรับ *C. acnes* (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียด้วยแผ่นแปะเซลลูโลสที่บรรจุสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ

เชื้อแบคทีเรีย	ความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส (มิลลิเมตร)		
		ชุดทดสอบ (สารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ) (มิลลิเมตร)	กลุ่มควบคุมลบ (แผ่นแปะเซลลูโลสที่บรรจุ 10% DMSO)	กลุ่มควบคุมบวก (Tetracycline)
S. aureus	12.5	12.67 ± 0.58	NC	30.00 ± 0.00
C. acnes	50	27.33 ± 0.58	NC	54.00 ± 3.46

NC = None clear zone

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญ (*Rosa × damascena*) ที่สกัดด้วยเอทานอลที่ให้ผลผลิตร้อยละ 6.40 ของน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง มีฤทธิ์ในการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *C. acnes* ซึ่งเป็นเชื้อก่อสิวและการอักเสบของรูขุมขนในมนุษย์ (Dessinioti & Katsambas, 2017; จุฑามาศ พุ่มพวง, 2564) จากผลการทดสอบค่า MBC พบว่าสารสกัดสามารถฆ่าเชื้อ *S. aureus* ได้ที่ความเข้มข้น 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และฆ่าเชื้อ *C. acnes* ได้ที่ 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า สารสกัดจากพืชสมุนไพรในกลุ่มน้ำมันหอมระเหยจะออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดี (Prescott et al., 2019; สุกัญญา ชูโต และคณะ, 2560)

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อด้วยแผ่นแปะเซลลูโลสที่บรรจุสารสกัด พบว่าแผ่นแปะสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *C. acnes* อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 12.67 ± 0.58 มิลลิเมตร และ 27.33 ± 0.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเชิงบวก (Tetracycline) ที่ให้วงใส 30.00 ± 0.00 และ 54.00 ± 3.46 มิลลิเมตร พบว่าสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญยังคงมีประสิทธิภาพในระดับที่ดี และสามารถยับยั้งเชื้อได้จริงในรูปแบบแผ่นแปะเซลลูโลส ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Lin et al. (2020) และนพวรรณ สวัสดิ์วงศ์ (2565) ที่รายงานว่าเซลลูโลสจากแบคทีเรียมีโครงสร้างนาโนไฟเบอร์ที่สามารถอุ้มน้ำและปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้อย่างสม่ำเสมอ และเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางชีวเวชภัณฑ์

ผลการทดสอบหาค่า MIC ต่อเชื้อแบคทีเรียทดสอบพบว่าสอดคล้องกับรายงานของ Ghavam et al. (2021) ซึ่งพบว่าสารสกัดจาก *Rosa damascena* มีค่า MBC ต่อ *S. aureus* ใกล้เคียงกับผลการศึกษาครั้งนี้ คือ 10–20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *C. acnes* ของสารสกัดดอกกุหลาบมอญในงานวิจัยนี้เป็นการใช้สารสกัดแบบหยาบ ซึ่งประกอบด้วยสารหลายชนิดที่อาจจะออกฤทธิ์เสริมกันในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ จากรายงานวิจัยของ Burt (2004), Echeverría et al., (2022) และ สุทธาทิพย์ ศิริวงษ์ (2563) พบว่าสาระสำคัญใน

ดอกกุหลาบมอญที่เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ต้านเชื้อ ได้แก่ phenylethyl alcohol, methyl eugenol, citronellol และ geraniol ซึ่งมีฤทธิ์ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย กลไกดังกล่าวทำให้เซลล์แบคทีเรียสูญเสียสมดุลของสารภายในและตายในที่สุด นอกจากนี้ในสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญยังพบสารในกลุ่มฟีนอลิกที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานและโปรตีนของเซลล์ (Sieniawska, 2015; Kumar et al., 2021) อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อสกัดแยกสารและระบุองค์ประกอบของสารพฤกษเคมีของสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบได้ต่อไป

ในส่วนของแผ่นแปะเซลลูโลส การบรรจุสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการคงตัวของสารออกฤทธิ์และทำให้สามารถปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้ต่อเนื่อง ผลนี้สอดคล้องกับงานของ Shah et al. (2013) และ Gorgieva & Trček (2019) ที่อธิบายว่า bacterial cellulose มีคุณสมบัติด้าน biocompatibility สูง มีความบริสุทธิ์และยืดหยุ่น จึงเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุนำส่งสารออกฤทธิ์ในรูปแบบแผ่นแปะ เช่นเดียวกับ Czaja et al. (2006) ที่รายงานว่า cellulose จากแบคทีเรียสามารถควบคุมอัตราการปลดปล่อยสารได้ดีกว่าวัสดุพอลิเมอร์สังเคราะห์ทั่วไป

นอกจากนี้ สารสกัดจากดอกกุหลาบมอญยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งช่วยลดอาการอักเสบของผิวหนังที่เกิดจาก *S. aureus* และ *C. acnes* (Shokri et al., 2017; ศิริลักษณ์ สุวรรณชาติ และคณะ, 2564) การพัฒนาแผ่นแปะที่มีคุณสมบัติทั้งฆ่าเชื้อและลดการอักเสบจึงมีศักยภาพต่อการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เวชสำอางสมุนไพรจากธรรมชาติได้จริง ทั้งนี้ยังช่วยลดการใช้ยาปฏิชีวนะสังเคราะห์ซึ่งก่อให้เกิดการดื้อยาในระยะยาว (Levy & Marshall, 2004; ชุติมา พงษ์พิทักษ์ และคณะ, 2562)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Trakooncharoenvit et al. (2018) ที่พบว่าสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยหลายชนิดสามารถยับยั้งเชื้อก่อสิวได้ แต่สารสกัดจากดอกกุหลาบมอญให้ผลยับยั้งที่ชัดเจนกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Al-Shehri (2019) ที่รายงานว่ากลีบดอกกุหลาบมีสารออกฤทธิ์ลดการสร้าง biofilm ของ *S. aureus* และเพิ่มความไวของเชื้อแบคทีเรียต่อสารต้านจุลชีพ

ดังนั้นผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากดอกกุหลาบมอญที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งและฆ่าเชื้อ *S. aureus* และ *C. acnes* ได้จริง และเมื่อบรรจุในแผ่นแปะเซลลูโลสจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ให้ยาวนานมากขึ้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงฤทธิ์ของสารสกัดในการพัฒนาแผ่นแปะเซลลูโลสจากดอกกุหลาบมอญในการการดูแลสิวและการอักเสบของผิวหนัง และนำไปประยุกต์ในเชิงพานิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการจากสาขาจุลชีววิทยา และห้องปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาและห้องปฏิบัติการวิจัยกลางที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ พุ่มพวง. (2564). การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อสิวของสารสกัดสมุนไพรไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย, 29**(1), 15–23.

ชุติมา พงษ์พิทักษ์, จุฑารัตน์ วรเดช, และ สุรีพร ลอยสมุทร. (2562). แนวทางการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างสมเหตุผลในโรคผิวหนังอักเสบ. **วารสารเทคนิคการแพทย์ไทย, 41**(2), 85–96.

นพวรรณ สวัสดิ์วงศ์. (2565). การผลิตและประยุกต์ใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรียในเครื่องสำอางสมุนไพร. **วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, 17**(3), 101–112.

ศิริลักษณ์ สุวรรณชาติ, กาญจนา ตั้งศรีวงศ์, และ บุญนาค รัตนสุวรรณ. (2564). ฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดจากดอกไม้พื้นบ้านไทย. **วารสารเภสัชศาสตร์ไทย, 43**(2), 67–78.

สถาบันวิจัยสมุนไพร. (2563). **แนวทางการประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์สมุนไพรเครื่องสำอาง**. กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก.

สุกัญญา ชูโต, สุพัตรา ศรีทอง, และ ธันวดี เกษมสุข. (2560). ฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อแบคทีเรียแกรมบวก. **วารสารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 15**(2), 45–54.

สุทธาทิพย์ ศิริวงษ์. (2563). **การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบมอญ. วารสารการแพทย์แผนไทย, 28**(1), 30–39.

Al-Shehri, M. A. (2019). Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosa damascena* extracts. **Journal of Essential Oil Research, 31**(4), 318–324.

Bajpai, V. K., Rahman, A., & Kang, S. C. (2013). Chemical composition and inhibitory parameters of essential oil and extracts of *Rosa damascena*. **Food Research International, 50**(2), 557–563.

Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology, 94**(3), 223–253.

Chanda, S., & Rakholiya, K. (2011). Combination therapy: Synergism between natural plant extracts and antibiotics against infectious diseases. In A. Méndez-Vilas (Ed.), **Science against microbial pathogens** (pp. 520–529). Formatex.

Claudel, J. P., Auffret, N., Leccia, M. T., Poli, F., & Dréno, B. (2019). *Staphylococcus aureus* and acne: A review. **Dermatology, 235**(6), 512–519.

Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2020). **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically** (11th ed.). Wayne, PA: CLSI.

Corré, J., Lucchini, J. J., Venturini, A. M., & Raibaud, P. (1990). Antibacterial activity of phenethyl alcohol: **Membrane alterations and inhibition of macromolecule synthesis. Antonie van Leeuwenhoek, 57**(3), 229–235.

Czaja, W. K., Young, D. J., Kawecki, M., & Brown, R. M. (2006). The future prospects of microbial cellulose in biomedical applications. **Biomacromolecules, 8**(1), 1–12.

Dessinioti, C., Dréno, B., & Zouboulis, C. C. (2023). *Cutibacterium acnes* and *Staphylococcus aureus* in acne pathogenesis: Current perspectives. **Experimental Dermatology, 32**(4), 487–498.

Dessinioti, C., & Katsambas, A. (2017). The role of *Propionibacterium acnes* in acne pathogenesis: Facts and controversies. **Clinical Dermatology, 35**(2), 163–167.

Dréno, B., et al. (2022). Global antibiotic resistance in acne: A systematic review. **Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 36**(8), 1234–1245.

Echeverría, J., Opazo, J., Mendoza, L., et al. (2022). Chemical constituents and antimicrobial activity of *Rosa damascena* Mill. essential oil. **Molecules, 27**(3), 615–623.

Ghavam, M., et al. (2024). Variability in chemical composition and antimicrobial activity of *Rosa × damascena* essential oils. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, 8, 6.

Gorgieva, S., & Trček, J. (2019). Bacterial cellulose: Production, modification and perspectives in biomedical applications. **Nanomaterials, 9**(10), 1352.

Gupta, P., & Sharma, S. (2021). Plant–derived antimicrobials as novel alternatives to antibiotics. **Phytotherapy Research, 35**(12), 6400–6418.

Hyldgaard, M., Mygind, T., Piotrowska, R., Foss, M., & Meyer, R. L. (2012). Isoeugenol has a synergistic antimicrobial effect with other phenolic compounds. **Biofouling, 28**(5), 453–462.

Kumar, A., Sharma, R., & Sharma, M. (2021). Phytochemical profile and antimicrobial properties of *Rosa damascena* extracts. **Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 16**(2), 256–266.

Leung, M. H. Y., et al. (2022). *Cutibacterium acnes* and host interactions in acne. **Nature Reviews Microbiology, 20**(8), 479–493.

Levy, S. B., & Marshall, B. (2004). Antibacterial resistance worldwide: Causes, **challenges and responses. Nature Medicine, 10**(12), S122–S129.

Lin, D., Liu, Z., Shen, R., et al. (2020). Bacterial cellulose in biomedicine: Materials, mechanisms, and applications**. Advanced Healthcare Materials, 9**(1), 1900557.

Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2018). **Brock Biology of Microorganisms** (15th ed.). Pearson Education.

Mukherjee, S., et al. (2023). Antibiotic resistance in acne: Emerging trends and management strategies. **Clinical Dermatology Review, 7**(2), 85–92.

Prescott, L. M., Harley, J. P., & Klein, D. A. (2019). **Microbiology** (10th ed.). McGraw–Hill Education.

Ren, L., et al. (2023). Bacterial cellulose–based hydrogels for skin wound healing and cosmetic applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, 239, 124341.

Sadeghi, N., Manayi, A., & Saeidnia, S. (2019). *Rosa damascena* Mill. as herbal medicine: From traditional to modern perspectives. **Iranian Journal of Basic Medical Sciences**, 22(6), 549–558.

Sieniawska, E. (2015). Activities of essential oils. **Molecules, 20**(4), 6230–6244.

Shah, N., Ul–Islam, M., Khattak, W. A., & Park, J. K. (2013). Overview of bacterial cellulose composites: A multipurpose advanced material. **Carbohydrate Polymers, 98**(2), 1585–1598.

Shokri, H., Saeedi, M., & Zangeneh, A. (2017). The anti–inflammatory and antioxidant properties of Rosa damascena hydroalcoholic extract. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 16**(3), 1207–1215.

Trakooncharoenvit, A., Singsai, K., & Saenglee, S. (2018). Antimicrobial activity of selected Thai herbal extracts against acne–causing bacteria. **Thai Pharmaceutical and Health Science Journal, 13**(1), 1–8.

Ullah, H., Wahid, F., & Yang, G. (2016). Advances in bacterial cellulose–based antimicrobial materials: An updated review. **Cellulose, 23**(4), 2291–2311.

Ultee, A., Bennik, M. H., & Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. **Applied and Environmental Microbiology, 68**(4), 1561–1568.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เพื่อสุขภาพจากสารสกัดดอกดาวเรือง

Development of a functional gummy jelly product enriched with marigold extract

สุรศักดิ์ ใจเขียนดี[1*] กัญญารัตน์ รัศสุวรรณ[1] พิชญธิดา ต๊ะต้องใจ[1] หฤทัย โลหะ[1] ชนรดา ลึกกันทึก[1] และ นิศรา บุญเกิด[2]

Surasak Chaikhiandee[1*], Kanyarat Ratsuwan[1], Pichayatida Tatongjai[1], Haruetai Roha[1], Chonrada Lukkunteak[1] and Nitsara Boonkerd[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากดอกดาวเรือง (*Tagetes erecta* L.) โดยประเมินผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดดอกดาวเรืองที่แตกต่างกัน (6%, 8% และ 10% โดยน้ำหนัก) ต่อคุณภาพทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภค วิเคราะห์ค่าความชื้น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยผู้ทดสอบจำนวน 45 คน ผลการศึกษาพบว่า ความชื้นของกัมมี่เยลลี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัด โดยสูตรที่มีความเข้มข้น 10% มีค่าความชื้นต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ลดลงตามความเข้มของสารสกัด ส่วนค่า a* และ b* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าสูตรที่มีสารสกัดสูงมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและสูตรที่ 3 แตกต่างจากสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ค่า Springiness, Cohesiveness, Gumminess และ Chewiness ไม่แตกต่างกัน ในด้านการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของทุกสูตรไม่แตกต่างกัน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสูตรที่มีสารสกัดร้อยละ 10 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีคุณภาพด้านกายภาพที่ดีและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับที่น่าพึงพอใจ

คำสำคัญ: กัมมี่เยลลี่, ดอกดาวเรือง, คุณภาพทางกายภาพ, การยอมรับของผู้บริโภค

[1] สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Nutrition and Dietetic, School of Medical Science, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] Microbiology, School of Medical Science, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: surasak.ch@up.ac.th

Abstract

This study aimed to develop a marigold (*Tagetes erecta* L.) gummy jelly product and determine the effects of different concentrations of marigold extract (6%, 8%, and 10% w/w) on its physicochemical properties and consumer acceptance. The gummy samples were evaluated for moisture content, color values, texture profile, and sensory attributes using a 9-point hedonic scale by 45 panelists. The results showed that moisture content significantly decreased as the extract concentration increased, with the 10% formulation exhibiting the lowest moisture value ($p \leq 0.05$). The lightness (L*) value decreased with higher extract concentrations, while a* and b* values showed no significant differences among formulations. In terms of texture, higher extract concentrations resulted in increased hardness, with the 10% formulation significantly different from the 6% formulation ($p \leq 0.05$), whereas springiness, cohesiveness, gumminess, and chewiness were not significantly affected. Sensory evaluation revealed no significant differences in overall acceptability among all formulations. The findings suggest that the 10% marigold extract gummy is the most suitable formulation, providing desirable physicochemical qualities while maintaining acceptable consumer preference.

Keywords: Gummy jelly, Marigold, Physicochemical properties, Consumer acceptance

บทนำ

การบริโภคอาหารว่าง เป็นพฤติกรรมที่พบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย งานวิจัยด้านโภชนาการพบว่าอาหารว่างมีบทบาทต่อคุณภาพอาหารโดยรวม เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานและน้ำตาลที่สำคัญในเด็กและวัยรุ่น ซึ่งมักเลือกอาหารว่างประเภทหวาน เช่น เยลลี่ ลูกกวาด และเครื่องดื่มให้พลังงานสูง (1) การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้นจึงเป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญในการส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคที่ดีต่อสุขภาพ

ดอกดาวเรือง (*Tagetes erecta* L.) เป็นพืชสมุนไพรมีสารสกัดดอกดาวเรืองอุดมไปด้วยลูทีน (Lutein) และซีแซนทีน (Zeaxanthin) เป็นแคโรทีนอยด์ชนิดสำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงโรคจอประสาทตาเสื่อม (age-related macular degeneration; AMD) ต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการอักเสบ (2-4) นอกจากนี้ยังพบฤทธิ์ต้านมะเร็ง ยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน และช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกัน (5-7) คุณสมบัติด้านสีเหลืองธรรมชาติของลูทีนยังเหมาะสมต่อการใช้เป็นสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหาร จึงช่วยลดการใช้สีสังเคราะห์ที่ผู้บริโภคมีความกังวลเพิ่มขึ้น (8)

กัมมี่เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความนิยมสูงในกลุ่มเด็กและวัยรุ่น เนื่องจากมีรสหวาน เคี้ยวหนึบและมีรูปแบบหลากหลาย วัตถุดิบหลักประกอบด้วยเจลาติน น้ำตาล และไซรัป ซึ่งมักมีปริมาณน้ำตาลสูง ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อโรคฟันผุ ภาวะน้ำหนักเกิน และการบริโภคพลังงานเกิน (9) การเสริมส่วนผสมที่มีประโยชน์ทางโภชนาการ เช่น สารสกัดพืชสมุนไพรหรือพืชที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยยกระดับคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

งานวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับกัมมี่เสริมสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น จากมัลเบอร์รี ทับทิม และมังคุด พบว่าสามารถเพิ่มคุณค่าชีวภาพโดยไม่กระทบความยอมรับของผู้บริโภค (10-12) จึงมีศักยภาพว่า "ดอกดาวเรือง" อาจนำมาใช้เพื่อเสริมประโยชน์ด้านสุขภาพในผลิตภัณฑ์กัมมี่ได้เช่นเดียวกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนากัมมี่เยลลี่จาก

สารสกัดดอกดาวเรืองในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อประเมินผลต่อคุณภาพด้านความชื้น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาปริมาณสารสกัดดอกดาวเรืองที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่ และศึกษาสมบัติทางกายภาพและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

วิธีการศึกษา

1. การสกัดสารจากดอกดาวเรือง

นำดอกดาวเรืองมาล้างทำความสะอาด อบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำดอกดาวเรืองมาผสมกับน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในอัตราส่วน 6:94, 8:92 และ 10:90 แช่หมักไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้น กรองด้วยตะแกรงถี่เพื่อแยกกากแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปเตรียมผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ต่อไป

2. สูตรพื้นฐานในการเตรียมผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

การศึกษาสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ มีส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ สารสกัดจากดอกดาวเรืองที่ความเข้มข้น 6%, 8% และ 10% น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป เจลาติน และผงมะนาว โดยมีอัตราส่วนต่าง ๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

สูตรที่	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)				
	สารสกัดดอกดาวเรือง	น้ำตาลทราย	กลูโคสไซรัป	เจลาติน	ผงมะนาว
1	6%	40	30	10	0.3
2	8%	40	30	10	0.3
3	10%	40	30	10	0.3

3. ขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่จากสารสกัดดอกดาวเรือง

ผสมสารสกัดดอกดาวเรืองแต่ละความเข้มข้น กลูโคสไซรัป น้ำตาลทราย เคี่ยวจนเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นค่อย ๆ ใส่เจลาตินกับผงมะนาว แล้วเคี่ยวต่อจนสารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปหยอดลงแม่พิมพ์และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากสารสกัดดอกดาวเรือง

นำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่แต่ละสูตรมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) โดยอบตัวอย่างที่ 105°C จนมีน้ำหนักคงที่ คำนวณเป็นร้อยละน้ำหนักแห้ง วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี โดยใช้ระบบสี CIE L*a*b* หรือ CIELAB และวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง TA-XT Plus โดยใช้หัววัดทรงกระบอก P/36 R (36 mm) ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่า Hardness, Springiness, Cohesiveness, Gumminess และ Chewiness

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากสารสกัดดอกดาวเรือง

นำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 สูตร มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวม กับผู้ทดสอบจำนวน 45 คน หากคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยมีคะแนนตั้งแต่ 6 คะแนนขึ้นไปถือว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับ

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส และการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษา

คุณสมบัติทางกายภาพของกัมมี่เยลลี่จากสารสกัดดอกดาวเรือง

จากผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดดอกดาวเรืองในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มีผลต่อค่าปริมาณความชื้นและค่าสีอย่างมีนัยสำคัญในบางตัวแปร โดยปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับสารสกัดจาก 6% เป็น 10% โดยสูตรที่มีสารสกัด 10% ให้ค่าความชื้นต่ำที่สุด (39.47±0.47%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตร 6% และ 8% (44.18±3.00 และ 43.94±0.14% ตามลำดับ) ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณของแข็งรวมที่เพิ่มขึ้นเมื่อเติมสารสกัดในปริมาณมาก ส่งผลให้มีการจับยึดน้ำลดลงและความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงตามลำดับ ดังตารางที่ 2

สำหรับค่าสีแบบระบบ CIE Lab* พบว่า ค่า L* ซึ่งบ่งบอกความสว่างของผลิตภัณฑ์ มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณสารสกัดที่เพิ่มขึ้น โดยสูตรที่ใช้สารสกัด 10% มีค่า L* ต่ำที่สุด (44.41±0.06) แตกต่างจากสูตร 6% (48.55±0.76) อย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของค่า a* ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ความเป็นสีแดง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด โดยสูตร 10% มีค่า a* สูงที่สุด (4.64±2.67) ขณะที่ค่า b* ซึ่งบ่งบอกระดับสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของสารสกัด โดยสูตร 8% มีค่า b* สูงที่สุด (23.76±2.60) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้นและค่าสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากสารสกัดดอกดาวเรือง

สูตรที่	สารสกัดดอกดาวเรือง (%)	ความชื้น (%)	L^*	a^*	b^*
1	6	44.18±3.00^a	48.55±0.76^a	1.77±0.13	21.05±1.16
2	8	43.94±0.14^a	47.38±1.49^a	3.41±1.42	23.76±2.60
3	10	39.47±0.47^b	44.41±0.06^b	4.64±2.67	18.46±4.60

หมายเหตุ: แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3)

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่เติมสารสกัดดอกดาวเรืองในระดับความเข้มข้น 6%, 8% และ 10% พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อค่าความแข็ง (Hardness) อย่างชัดเจน โดยสูตรที่มีสารสกัด 10% ให้ค่าความแข็งสูงที่สุด (33,632.29±12.16) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตร 6% (27,403.05±36.07) ขณะที่สูตร 8% มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (31,492.41±5.85) และไม่แตกต่างจากทั้งสองสูตรในบางช่วงค่าเฉลี่ย สำหรับค่า Springiness พบว่าอยู่ในช่วง 0.929-0.960 โดยไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างสูตรต่าง ๆ

แสดงว่าการเพิ่มระดับสารสกัดไม่ทำให้ความยืดหยุ่นของกัมมี่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนค่า Cohesiveness มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด ดังตารางที่ 3

ส่วนค่า Gumminess และ Chewiness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดเช่นเดียวกับค่า Hardness โดยสูตร 10% ให้ค่าทั้งสองสูงที่สุด (26,478.78 และ 25,484.80 ตามลำดับ) สอดคล้องกับความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดแรงในการบดเคี้ยวมากขึ้น ส่วนค่า Resilience พบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยสูตร 10% มีค่ามากที่สุด (0.574) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากสารสกัดดอกดาวเรือง

สูตรที่	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
1 (6%)	27,403.05±36.07^{b}	0.956±0.46	0.816±0.011	22,336.78±2,804.91	21,300.63±1,901.07	0.553±0.30
2 (8%)	31,492.41±5.85^{ab}	0.929±0.01	0.799± 0.02	25,121.27±830.13	23,359.85±817.45	0.527±0.01
3 (10%)	33,632.29±12.16^{a}	0.960±0.07	0.787±0.03	26,478.78±1,605.93	25,484.80±2,994.03	0.574±0.02

หมายเหตุ: แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3)

การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากสารสกัดดอกดาวเรือง

ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่เติมสารสกัดดอกดาวเรืองในความเข้มข้น 6%, 8% และ 10% พบว่า คะแนนการยอมรับในทุกด้านมีค่าอยู่ในระดับ “ชอบปานกลางถึงชอบมาก” โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างสูตรต่าง ๆ ในทุกลักษณะประเมิน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งบ่งชี้ว่าการเพิ่มปริมาณสารสกัดดอกดาวเรืองไม่ได้ส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากสารสกัดดอกดาวเรือง

สูตรที่	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1 (6%)	8.133±0.78	7.662±0.93	6.867±1.26	7.156±0.97	7.222±1.35	7.444±0.58
2 (8%)	8.067±0.90	7.600±1.08	6.733±1.57	6.889±1.42	7.156±1.35	7.244±1.20
3 (10%)	8.111±0.82	7.600±1.08	7.556±0.96	6.933±1.24	7.133±1.66	7.281±1.19

สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณสารสกัดดอกดาวเรืองส่งผลให้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะสูตรที่มีความเข้มข้น 10% มีค่าความชื้นต่ำที่สุด ซึ่งอาจอธิบายได้จากปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในเนื้อกัมมี่ ส่งผลให้การอุ้มน้ำลดลงและโครงสร้างเจลมีความหนาแน่นมากขึ้น สอดคล้องกับหลักการของการสร้างเจลจากเจลาตินที่ระบุว่า การเพิ่มปริมาณแข็งละลายในผลิตภัณฑ์จะช่วยลดการกักเก็บน้ำและเพิ่มความหนืดของเจล (13)

ด้านค่าความแข็ง (Hardness) พบว่าสูตรที่มีความเข้มข้นของสารสกัดสูงขึ้นมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณของแข็งรวมที่เพิ่มขึ้นและการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนของเจลาตินและสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดดอกดาวเรือง การจับกันของโมเลกุลเหล่านี้สามารถเสริมสร้างโครงข่ายเจลให้แข็งแรงมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยที่พบว่าแคโรทีนอยด์บางชนิดสามารถเกิดปฏิสัมพันธ์กับโปรตีน ทำให้ความแข็งของเจลเพิ่มขึ้น (14)

ค่าสี L* ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัด แสดงให้เห็นว่าสีเหลืองธรรมชาติของดอกดาวเรืองส่งผลต่อความเข้มของผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับคุณสมบัติของลูทีนและซีแซนทีนที่มีโทนสีเหลืองเข้ม (3–4) ส่วนค่า a* และ b* แม้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า b* มีแนวโน้มสูงขึ้นในสูตรที่มีความเข้มข้นมากกว่า ซึ่งเป็นลักษณะที่สอดคล้องกับปริมาณแคโรทีนอยด์ที่เพิ่มขึ้น

การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า สูตรทั้งสามไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับยอมรับได้ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ระดับปานกลางถึงมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ปริมาณสารสกัดเพิ่มขึ้นจนส่งผลต่อสีและเนื้อสัมผัส แต่ไม่ทำให้ความชอบของผู้บริโภคลดลง ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่า "ผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่เสริมสารสกัดพืช" สามารถรักษาความชอบของผู้บริโภคได้แม้มีการเปลี่ยนแปลงด้านสีและความแข็ง (10–12)

โดยสรุป สูตรที่มีความเข้มข้นของสารสกัดดอกดาวเรือง 10% เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่าความชื้นต่ำ ซึ่งเอื้อต่อการเก็บรักษา และมีเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคยอมรับได้ แม้จะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นก็ตาม จึงสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือ รวมถึงสถานที่ในการทำวิจัยทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. National Statistical Office of Thailand. The survey on food consumption behavior 2017.
2. Perry A, Rasmussen H, Johnson EJ. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and eggs. J Food Compos Anal. 2009; 22(1):9–15.
3. Rodríguez-Amaya DB. Food carotenoids: Chemistry, biology and technology. Wiley-Blackwell; 2016.
4. Krinsky NI, Johnson EJ. Carotenoid actions and their relation to health and disease. Mol Aspects Med. 2005; 26(6):459–516.
5. Khalid KA, da Silva JAT. Biology of Tagetes erecta. J Med Plant Res. 2010; 4(23):2729–2735.
6. Chew BP, Park JS. Carotenoid action on the immune response. J Nutr. 2004; 134(1):257S–261S.
7. Lin JH, Chen YC, Lu CM. Antioxidant and antiproliferative activities of marigold extract. Food Chem. 2013; 141(3):1497–1503.
8. Downham A, Collins P. Colouring our foods in the last and next millennium. Int J Food Sci Technol. 2000; 35(1):5–22.
9. Bandy L et al. Intake of added sugars among children. Br J Nutr. 2020; 123(10):1165–1173.

10. Yang X, et al. Development of antioxidant–rich mulberry gummy candies. Food Sci Nutr. 2018; 6(1):1–8.
11. Kanatt SR. Development of antioxidant and antimicrobial pomegranate peel extract incorporated gummy candy. J Food Process Preserv. 2020; 44:e14552.
12. Chairunnisa S, et al. Development of mangosteen rind extract gummy candy. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2019; 383:012006.
13. Gómez–Guillén MC, et al. Gelatin: A valuable protein for food and pharmaceutical industries. Food Hydrocoll. 2011; 25:1813–1827.
14. Liu Z, et al. Interaction between carotenoids and proteins in gel systems. Food Res Int. 2014; 62:902–909.

Poster Presentation

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การใช้สัตว์วัตถุในการรักษาโรคของชาวไทลื้อ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา

The use of animals as remedies by the Tai Lua People in Chiang Kham District, Phayao Province

กิตติชัย จันธิมา[1*] และ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง[1]

Kittichai Chantima[1*] and Krittawit Suk-ueng[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการใช้สัตว์เป็นสัตว์วัตถุทางการแพทย์พื้นบ้านของชาวไทลื้อในอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา โดยเก็บข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลหลักจำนวน 22 คน ผ่านการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยดัชนีทางสัตววิทยาพื้นบ้าน ได้แก่ ค่าการใช้สัตว์ (use value; UV) และดัชนีความสอดคล้องของการใช้เพื่อการรักษา (index of agreement on remedies; IAR) ผลการศึกษาพบการใช้สัตว์ทั้งหมด 38 ชนิด สำหรับรักษาอาการเจ็บป่วย 34 กลุ่มอาการ และมีวิธีการเตรียมยาที่พบทั้งหมด 21 รูปแบบ สัตว์ที่มีการกล่าวถึงมากที่สุดคือ เลียงผา (*Capricornis milneedwardsii*) ซึ่งมีค่า UV สูงสุดเท่ากับ 0.59 และพบสัตว์ 3 ชนิดที่มีค่า IAR สูงสุดเท่ากับ 1.00 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าชาวไทลื้อในพื้นที่ดังกล่าวยังคงพึ่งพาการใช้สัตว์เพื่อบำบัดอาการเจ็บป่วย ซึ่งสะท้อนถึงการคงอยู่และความสำคัญทางวัฒนธรรมขององค์ความรู้ด้านการแพทย์พื้นบ้านในชุมชน

คำสำคัญ: ไทลื้อ, การรักษาโรค, องค์ความรู้พื้นบ้าน, จังหวัดพะเยา

Abstract

This study aimed to investigate the use of animal species in traditional medicine among the Tai Lue people of Chiang Kham District, Phayao Province. Data were collected through semi-structured interviews with 22 key informants, and the information obtained was analyzed using two ethnozoological indices, use value (UV) and the index of agreement on remedies (IAR). A total of 38 animal species were recorded as being used to treat 34 categories of ailments, with 26 preparation methods documented. *Capricornis milneedwardsii* exhibited the highest UV, with a value of 0.59, while three species exhibited the maximum IAR value of 1.00. Overall, the findings indicate that the Tai Lue community continues to rely on animal-based remedies, reflecting the persistence and cultural significance of traditional ethnomedicinal knowledge within the community.

Keywords: Tai Lua, Remedy, Traditional knowledge, Phayao Province

[1] โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[1] Environmental Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai 57100

[*] Corresponding author: kittichai.cha@crru.ac.th

บทนำ

ชีววิทยาชาติพันธุ์เป็นการศึกษาทางชีววิทยาของกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะความรู้เกี่ยวกับวิถีชีวิตและวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากพืชและสัตว์ กลุ่มชาติพันธุ์นำสิ่งแวดล้อมรอบตัวมาใช้เพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิต เนื่องจากในอดีตเมื่อมีผู้คนในชุมชนเจ็บป่วยหรือไม่สบาย มักไม่ได้รับการรักษาทางการแพทย์สมัยใหม่ จึงจำเป็นต้องพึ่งพาวิธีการดูแลตนเอง เช่น การใช้พืชสมุนไพรหรือสัตว์เป็นยารักษาโรค การศึกษาด้านชีววิทยาชาติพันธุ์จึงมีวิธีการที่หลากหลายและครอบคลุมทั้งการศึกษาเชิงวัฒนธรรมและภาษาศาสตร์ โดยมีพื้นฐานพัฒนามาจากพฤกษศาสตร์พื้นบ้านและสัตววิทยาพื้นบ้าน (Anderson, 2011) จากรายงานสถานะของการศึกษาชีววิทยาชาติพันธุ์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่ามีการศึกษาในแขนงต่าง ๆ ของชีววิทยาชาติพันธุ์ เช่น พฤกษศาสตร์พื้นบ้าน นิเวศวิทยาพื้นบ้าน การแพทย์พื้นบ้าน ราวิทยาพื้นบ้าน เภสัชวิทยาพื้นบ้าน สัตวแพทย์พื้นบ้าน และสัตววิทยาพื้นบ้าน อย่างไรก็ตาม สัตววิทยาพื้นบ้านมีรายงานเพียง 10 เรื่องเท่านั้นในภูมิภาคนี้ (Hidayati et al., 2015) รวมถึงการศึกษาสัตววิทยาพื้นบ้านในประเทศไทย ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบรายงานการศึกษาด้านนี้

สัตววิทยาพื้นบ้าน หมายถึง การศึกษาส่วนประกอบของสัตว์ที่นำมาใช้ประโยชน์ในการรักษาโรค และความสัมพันธ์ทางวัฒนธรรมระหว่างคนในท้องถิ่นกับสัตว์ในพื้นที่ หรือกล่าวได้ว่าเป็นการศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับยาแผนโบราณที่ใช้รักษาโรคโดยการนำอวัยวะหรือส่วนต่าง ๆ ของสัตว์มาใช้ประโยชน์ รวมถึงการนำสัตว์มาใช้ในการปรุงอาหาร เครื่องนุ่งห่ม เครื่องประดับ และพิธีกรรมต่าง ๆ (Hunn, 2011) ตัวอย่างเช่น การศึกษาสัตววิทยา–พื้นบ้านในประเทศอินเดีย พบว่ามีการใช้ประโยชน์จากสัตว์ทั้งในด้านอาหาร เสื้อผ้า และเป็นองค์ประกอบของยา มาตั้งแต่สมัยโบราณ และในปัจจุบันบางกลุ่มชาติพันธุ์ยังคงรักษาโรคด้วยวิธีดั้งเดิมอยู่ (Mahawar and Jaroli, 2008) นอกจากนี้ การศึกษาการใช้สัตว์เป็นยารักษาโรคบนเกาะเชจู ประเทศเกาหลีใต้ พบการใช้สัตว์จำนวน 77 ชนิด จาก 73 สกุล 64 วงศ์ รวม 1,160 วิธีการใช้ โดยปลาเป็นกลุ่มสัตว์ที่ถูกใช้มากที่สุด (ร้อยละ 36.4) (Kim and Song, 2013) ความรู้ในการใช้ประโยชน์จากสัตว์และความสัมพันธ์ทางวัฒนธรรมดังกล่าวมักถ่ายทอดจากผู้รู้หรือปราชญ์ท้องถิ่นที่ได้รับองค์ความรู้มาจากบรรพบุรุษ โดยเชื่อว่าการใช้พืชสมุนไพรหรือสัตว์สามารถรักษาโรคได้ดีไม่แพ้ยาแผนปัจจุบัน ถือเป็นภูมิปัญญาที่ถูกสั่งสมและสืบทอดต่อกันมา อย่างไรก็ตาม ความรู้ด้านสัตววิทยาพื้นบ้านในประเทศไทยยังขาดการบันทึกและมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความรู้ส่วนใหญ่ถ่ายทอดกันแบบปากต่อปาก ปราศจากการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร ทั้งที่ความรู้ด้านนี้เป็นแนวทางสำคัญสำหรับการอนุรักษ์ เนื่องจากการอนุรักษ์สายพันธุ์สิ่งมีชีวิตเกี่ยวข้องกับสภาพสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรม และวิถีชีวิตของคนในพื้นที่ (Betlu, 2013)

จังหวัดพะเยาเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีความหลากหลายของกลุ่มชาติพันธุ์ ซึ่งมีทั้งความแตกต่างและความคล้ายคลึงกันทางวิถีชีวิต หลายกลุ่มยังคงใช้สัตว์เป็นสมุนไพรพื้นบ้านในการรักษาโรคตามวิถีดั้งเดิม การศึกษาสัตววิทยาพื้นบ้านของกลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดพะเยาจึงเป็นแนวทางสำคัญในการระบุชนิดสัตว์และวิธีการใช้สัตว์เป็นยารักษาโรคหรือวัตถุดิบในการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ พื้นที่อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา ตั้งอยู่ในที่ราบลุ่มของแม่น้ำลาว แม่น้ำยวน และแม่น้ำแวน ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำอิง พื้นที่นี้เป็นแอ่งอารยธรรมที่ผู้คนมีวิถีชีวิตผูกพันกับสายน้ำ และเป็นพื้นที่ที่มีกลุ่มชาติพันธุ์หลายกลุ่มอาศัยอยู่ร่วมกัน ไทลื้อเป็นหนึ่งในกลุ่มชาติพันธุ์หลักของพื้นที่ โดยมีประชากรเป็นอันดับสองรองจากไทยวน คิดเป็นร้อยละ 30 ไทลื้อมีภาษาและอักษรของตนเอง ใช้ภาษาไทลื้อในการสื่อสาร และบางครั้งใช้อักษรล้านนา ขนบธรรมเนียมและวัฒนธรรมของชาวไทลื้อมีความคล้ายคลึงกับกลุ่มชาติพันธุ์อื่นในพื้นที่ รวมถึงบางประเพณีที่ผสมผสานกันได้อย่างกลมกลืน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งรวบรวมองค์ความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวไทลื้อเกี่ยวกับการใช้สัตว์หรือส่วนประกอบของสัตว์ที่นำมาใช้เป็นยารักษาโรค หรือที่เรียกว่า “สัตว์วัตถุ” ตามแนวทางการแพทย์พื้นบ้าน

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง

พื้นที่ศึกษา คือ หมู่บ้านที่มีชาวไทลื้ออาศัยอยู่ในเขตอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา รวมทั้งสิ้น 19 หมู่บ้าน ใน 6 ตำบล ได้แก่ ตำบลหย่วน 5 หมู่บ้าน ตำบลเชียงบาน 6 หมู่บ้าน ตำบลฝายกวาง 2 หมู่บ้าน ตำบลน้ำแวน 3 หมู่บ้าน ตำบลเวียง 2 หมู่บ้าน และตำบลเจดีย์คำ 1 หมู่บ้าน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ศึกษามากกว่า 50 ปี หรือเป็นผู้มีความรู้หรือปราชญ์ชาวบ้านในพื้นที่ (Kim and Song, 2013) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เรียกว่า “ผู้ให้ข้อมูลหลัก” (Key informant) โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบลูกโซ่หรือการสุ่มตัวอย่างแบบสโนว์บอลล์ (Goodman, 1961)

การเก็บข้อมูล

(1) ก่อนเริ่มดำเนินการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ชี้แจงและอธิบายข้อมูลและรายละเอียดการดำเนินการวิจัย และให้ผู้ให้ข้อมูลหลักลงนามในแบบยินยอมในการสัมภาษณ์เชิงลึก และการสนทนากลุ่ม ทุกครั้งก่อนเริ่มดำเนินการ

(2) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการประเมินชุมชนแบบมีส่วนร่วม (Participatory Rural Appraisal) โดยผู้วิจัยดำเนินการสนทนากลุ่มด้วยคำถามปลายเปิด และการสัมภาษณ์เชิงลึกด้วยแบบสอบถามกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured questionnaire) (Dey et al., 2017; Huntington, 2000; Kim and Song, 2011; Song and Kim, 2011)

(3) แบบสอบถามกึ่งโครงสร้าง ในข้อ 2 ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของผู้ให้ข้อมูลหลัก รายละเอียดของสัตว์วัตถุที่มีการใช้หรืออ้างถึง (เช่น ชื่อท้องถิ่น ชื่อสามัญทั่วไป หรือชื่ออื่น ๆ ถิ่นอาศัยของสัตว์ และลักษณะที่สำคัญของสัตว์ที่มีการอ้างถึง) และวิธีการในการรักษา (เช่น ใช้รักษาโรคหรืออาการอะไร ส่วนที่ใช้ ขนาดที่ใช้ ระยะเวลาที่ใช้ การใช้ร่วมกับสัตว์วัตถุอื่นหรือพืชสมุนไพร) (Betlu, 2013; Cotton, 1996; Martin, 1995)

(4) ตัวอย่างหรือชิ้นส่วนของสัตว์วัตถุที่มีการอ้างถึงจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจะนำมาจัดจำแนกเพื่อระบุชนิดของสัตว์ โดยการยืมหรือจากภาพถ่ายระหว่างการสัมภาษณ์โดยได้รับความยินยอมจากผู้ให้ข้อมูลหลัก และจัดจำแนกโดยใช้ Catalogue of Life: 2025 Annual Checklist (ITIS) และฐานข้อมูลบัญชีรายการสัตว์ของประเทศไทย

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและคำนวณค่าดัชนีทางสัตวิทยาพื้นบ้าน (Ethnozoology Index) ประกอบด้วย ค่าการใช้สัตว์ (Use value; UV) (Phillips et al., 1994) และดัชนีความสอดคล้องของการใช้เพื่อการรักษา (Index of agreement on remedies; IAR) (Trotter and Logan, 1986; Thomas et al., 2009)

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ การศึกษาการใช้สัตว์วัตถุทางการแพทย์พื้นบ้านของชาวไทลื้อในอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา และผลกระทบต่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย (COE.019/2568; เลขที่โครงการ 019-2568-Exe) ก่อนเริ่มเก็บข้อมูล

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้ข้อมูลหลัก

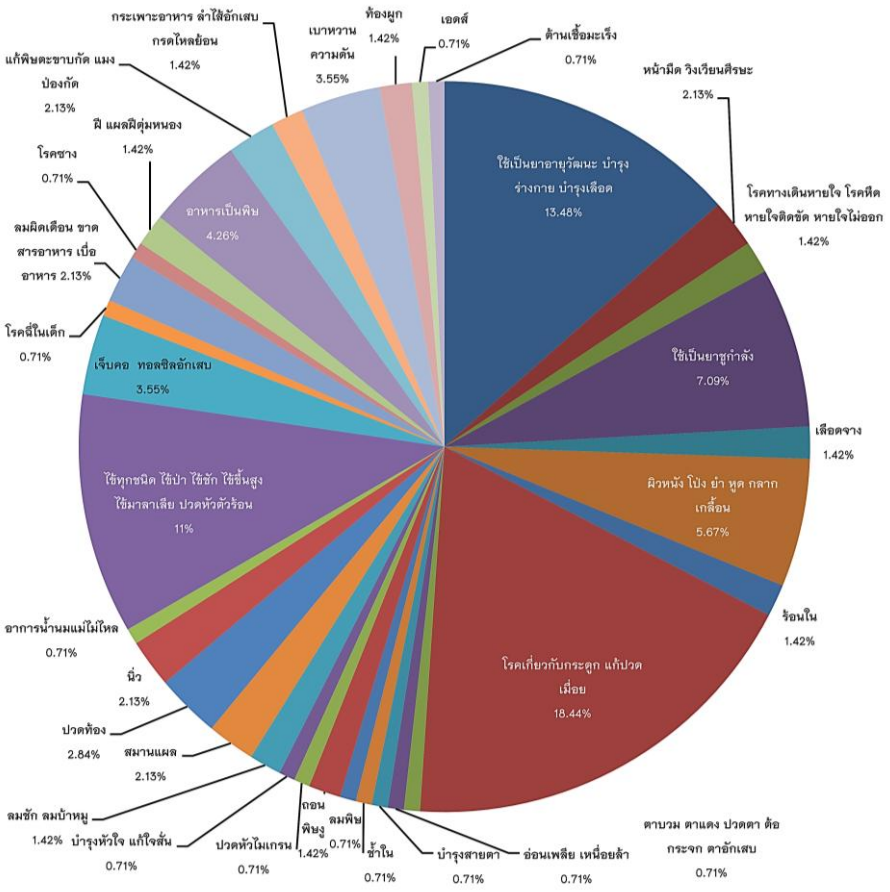
ผลการศึกษา พบว่าผู้ให้ข้อมูลหลักที่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สัตว์วัตถุมีจำนวนทั้งสิ้น 22 คน โดยเป็นเพศชาย ร้อยละ 68.2 และเพศหญิงร้อยละ 31.8 ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 60–69 ปี (ร้อยละ 36.4) รองลงมาคือ ช่วงอายุ 70–79 ปี (ร้อยละ 31.8) ช่วงอายุ 80–89 ปี (ร้อยละ 18.2) ช่วงอายุ 40–49 ปี (ร้อยละ 9.1) และช่วงอายุ 50–59 ปี (ร้อยละ 4.5) ตามลำดับ สำหรับระดับการศึกษาของผู้ให้ข้อมูลพบว่า ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาปีที่ 4 (ร้อยละ 86.5) รองลงมาคือระดับประถมศึกษาปีที่ 6 (ร้อยละ 4.5) ระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 4.5) และผู้ที่ไม่ได้รับการศึกษา (ร้อยละ 4.5)

สัตว์วัตถุที่ใช้รักษาโรค

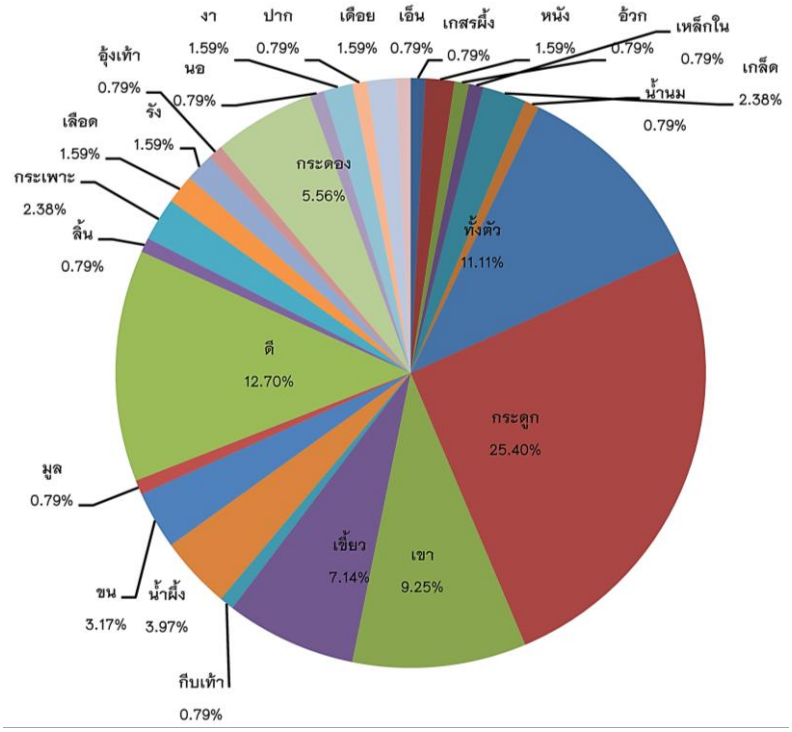
สัตว์ที่มีการนำมาใช้เป็นสัตว์วัตถุของชาวไทลื้อ สามารถจำแนกสัตว์ได้ทั้งหมด 38 ชนิด 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 16 ชนิด คือ ตัวนิ่ม (*Manis javanica*) เลียงผา (*Capricornis milneedwardsii*) เสือโคร่ง (*Panthera tigris*) ลิงแสม (*Macaca fascicularis*) เม่นใหญ่แผงคอยาว (*Hystrix brachyura*) หมูป่า (*Sus scrofa*) หมีควาย (*Ursus thibetanus*) เก้งเหนือ (*Muntiacus vaginalis*) พังพอน (*Herpestes* sp.) กวางป่า (*Cervus unicolor*) แรด (*Rhinoceros* sp.) ค่างแว่นถิ่นเหนือ (*Trachypithecus phayrei*) กระทิง (*Bos gaurus hubbacki*) ชะนี (*Hylobates* sp.) แมวป่า (*Felis chaus*) และช้าง (*Elephas maximus*) กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 9 ชนิด คือ ปิ้ง (*Haplopelma* sp.) แมงป่องช้าง (*Heterometrus* sp.) ต่อตัวใหญ่ ผึ้ง (*Apis* sp.) ปูนา (*Somanniathelphusa* sp.) กิ้งกือตะเข็บ (*Orthomorpha* sp.) ทากฟ้า (*Semperula siamensis*) ด้วงมูลสัตว์ (*Catharsius* sp.) และแตนสาย กลุ่มสัตว์เลื้อยคลาน 7 ชนิด คือ ตะกวด (*Varanus bengalensis*) ตะพาบ งูเหลือม (*Malayopython reticulatus*) งูเห่า (*Naja* sp.) เต่านา (*Malayemys macrocephala*) เต่าบก และเต่า (ไม่ทราบชนิด) กลุ่มสัตว์ปีก 5 ชนิด คือ ไก่ฟื้นเมือง (*Gallus gallus*) นกอินทรีย์ อีกา (*Corvus macrorhynchos*) แร้ง และไก่ป่า (*Gallus gallus spadiceus*) และกลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 1 ชนิด คือ คางคก

ข้อมูลการใช้สัตว์วัตถุ

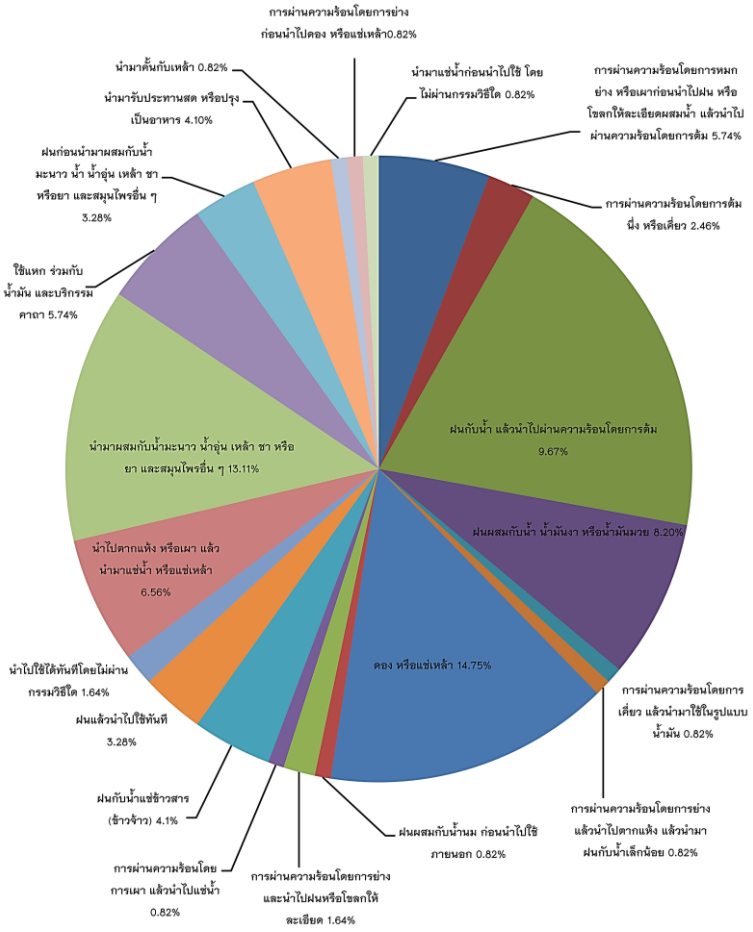
กลุ่มโรคหรือกลุ่มอาการที่มีการกล่าวถึงมากที่สุดคือโรคเกี่ยวกับกระดูกและอาการปวดกระดูก มีการกล่าวถึง ร้อยละ 18.44 รองลงมา ได้แก่ กลุ่มโรคหรือกลุ่มอาการที่ใช้สัตว์วัตถุเป็นยาอายุวัฒนะ บำรุงร่างกาย และบำรุงเลือด มีการกล่าวถึงร้อยละ 13.48 ส่วนไข้ทุกชนิด ไข้ป่า ไข้ชัก ไข้ขึ้นสูง ไข้มาลาเรีย หรืออาการปวดหัวตัวร้อน มีการกล่าวถึง ร้อยละ 10.64 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มโรคหรือกลุ่มอาการอื่น ๆ ที่มีการกล่าวถึงการใช้สัตว์เป็นสัตว์วัตถุพบว่า มีจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 10.64 (ภาพที่ 1) สำหรับอวัยวะหรือส่วนของสัตว์วัตถุที่ใช้ในการรักษาโรค พบว่ามีทั้งหมด 26 อวัยวะ/ส่วน โดยอวัยวะ/ส่วนที่มีการกล่าวถึงมากที่สุดคือ กระดูกร้อยละ 25.40 รองลงมา ได้แก่ น้ำดีและถุงน้ำดีมี การกล่าวถึงร้อยละ 12.70 การใช้ทั้งตัวมีการกล่าวถึงร้อยละ 11.11 และส่วนของเขา มีการกล่าวถึงร้อยละ 9.52 สำหรับอวัยวะ/ส่วนของสัตว์วัตถุอื่น ๆ ที่มีการกล่าวถึงในการใช้เป็นสัตว์วัตถุนั้นพบว่า มีจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 9.52 (ภาพที่ 2) สำหรับวิธีการเตรียมการใช้สัตว์วัตถุ พบว่ามีทั้งหมด 21 วิธี โดยวิธีการเตรียมที่มีการกล่าวถึงมากที่สุดคือ การเตรียมโดยวิธีการฝนกับน้ำแล้วนำไปผ่านความร้อนโดยการต้มก่อนนำไปใช้ (ร้อยละ 19.67) รองลงมา ได้แก่ การเตรียมโดยวิธีดองหรือแช่เหล้าก่อนนำไปใช้ (ร้อยละ 14.75) วิธีการนำมาผสมกับน้ำมะนาว น้ำอุ่น เหล้า ชา ยา และสมุนไพรอื่น ๆ (ร้อยละ 13.11) และวิธีการฝนผสมกับน้ำ น้ำมันงา หรือน้ำมันมวยก่อนนำไปใช้ (ร้อยละ 8.20) ส่วนวิธีการเตรียมสัตว์วัตถุด้วยวิธีอื่น ๆ พบว่ามีการกล่าวถึงน้อยกว่าร้อยละ 8 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 1 ร้อยละกลุ่มโรคหรือกลุ่มอาการที่กล่าวถึงการใช้สัตว์วัตถุในการรักษา



ภาพที่ 2 ร้อยละของอวัยวะหรือชิ้นส่วนของสัตว์วัตถุที่ใช้ในการรักษาโรค



ภาพที่ 3 ร้อยละของวิธีการเตรียมการใช้สัตว์วัตถุ

ดัชนีทางสัตววิทยาพื้นบ้าน

ผลการศึกษาค่าการใช้สัตว์วัตถุ (UV) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณเชิงปริมาณที่ใช้ในการคำนวณความสำคัญสัมพัทธ์ของชนิดพันธุ์สัตว์ที่มีการใช้ตามภูมิปัญญาท้องถิ่น พบว่าชนิดสัตว์ที่ถูกอ้างอิงในการนำมาใช้เป็นสัตว์วัตถุมากที่สุดคือ เลียงผา (*C. milneedwardsii*) โดยมีค่า UV เท่ากับ 0.59 รองลงมา ได้แก่ เสือโคร่งและงูเหลือม (UV = 0.41 และ 0.32 ตามลำดับ) เม่นแผงคอยาวและกวางป่ามีค่า UV เท่ากัน (0.27) หมีควาย ผึ้ง (ผึ้งให้น้ำหวาน) กิ้งกือตะเข็บ และงูเห่ามีค่า UV เท่ากัน (0.23) หมูป่าและไก่ฟ้าพื้นเมืองมีค่า UV เท่ากัน (0.18) ตัวนิ่ม แมงป่องช้าง และปูนา มีค่า UV เท่ากัน (0.14) พังพอน ชะนี ช้าง ตะพาบ เต่านา เต่าบก เต่า (ไม่ทราบชนิด) และไก่ป่ามีค่า UV เท่ากัน (0.09) และสัตว์ที่มีการอ้างอิงการใช้เป็นสัตว์วัตถุน้อยที่สุด คือ ลิงแสม เก้งเหนือ แรด ค่างแว่นถิ่นเหนือ กระทิง แมวป่า บิ้ง ต่อตัวใหญ่ ทากฟ้า ด้วงมูลสัตว์ แตนสาย ตะกวด นกอินทรีย์ อีกา แร้ง และคางคก โดยมีค่า UV เท่ากัน (0.05) สำหรับค่าดัชนีความสอดคล้องของการใช้เพื่อการรักษา (IAR) ซึ่งเป็นดัชนีที่สะท้อนถึงความสำคัญของสัตว์แต่ละชนิด พบว่าสัตว์ที่มีค่า IAR สูงสุด มี 3 ชนิดคือ พังพอน เต่าบก และไก่ป่า (IAR = 1.00) รองลงมาคือ กิ้งกือตะเข็บ (IAR = 0.75) ขณะที่ ตัวนิ่ม แมงป่องช้าง ปูนา งูเห่า และเต่านามีค่า IAR เท่ากัน (0.50) เสือโคร่งมีค่า IAR เท่ากับ 0.44 หมูป่า งูเหลือม และไก่พื้นเมืองมีค่า IAR เท่ากัน (0.33) เลียงผา เม่นแผงคอยาว และผึ้ง (ผึ้งให้น้ำหวาน) มีค่า IAR เท่ากัน (0.17) และสัตว์ที่มีค่า IAR ต่ำที่สุดคือ ลิงแสม หมีควาย เก้งเหนือ กวางป่า แรด ค่างแว่นถิ่นเหนือ กระทิง ชะนี แมวป่า ช้าง บิ้ง ต่อตัวใหญ่ ทากฟ้า ด้วงมูลสัตว์ แตนสาย ตะกวด ตะพาบ เต่า (ไม่ทราบชนิด) นกอินทรีย์ อีกา แร้ง และคางคก ซึ่งมีค่า IAR เท่ากัน (0.00) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าการใช้สัตว์และดัชนีความสอดคล้องของการใช้เพื่อการรักษาของสัตว์ที่มีการนำมาใช้เป็นสัตว์วัตถุ

กลุ่มสัตว์	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	UV	IAR
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	ตัวนิ่ม	*Manis javanica*	0.14	0.50
	เลียงผา	*Capricornis milneedwardsii*	0.59	0.17
	เสือโคร่ง	*Panthera tigris*	0.41	0.44
	ลิงแสม	*Macaca fascicularis*	0.05	0.00
	เม่นใหญ่แผงคอยาว	*Hystrix brachyura*	0.27	0.17
	หมูป่า	*Sus scrofa*	0.18	0.33
	หมีควาย	*Ursus thibetanus*	0.23	0.00
	เก้งเหนือ	*Muntiacus vaginalis*	0.05	0.00
	พังพอน	*Herpestes* sp.	0.09	1.00
	กวางป่า	*Cervus unicolor*	0.27	0.00
	แรด	*Rhinoceros* sp.	0.05	0.00
	ค่างแว่นถิ่นเหนือ	*Trachypithecus phayrei*	0.05	0.00
	กระทิง	*Bos gaurus hubbacki*	0.05	0.00
	ชะนี	*Hylobates* sp.	0.09	0.00
	แมวป่า	*Felis chaus*	0.05	0.00
	ช้าง	*Elephas maximus*	0.09	0.00
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ปิ้ง	*Haplopelma* sp.	0.05	0.00
	แมงป่องช้าง	*Heterometrus* sp.	0.14	0.50
	ต่อตัวใหญ่	–	0.05	0.00
	ผึ้ง (ผึ้งให้น้ำหวาน)	*Apis* sp.	0.23	0.17
	ปูนา	*Somanniathelphusa* sp.	0.14	0.50
	กิ้งกือตะเข็บ	*Orthomorpha* sp.	0.23	0.75
	ทากฟ้า	*Semperula siamensis*	0.05	0.00
	ด้วงมูลสัตว์	*Catharsius* sp.	0.05	0.00
	แตนสาย	–	0.05	0.00
สัตว์เลื้อยคลาน	ตะกวด	*Varanus bengalensis*	0.05	0.00
	ตะพาบ	–	0.09	0.00
	งูเหลือม	*Malayopython reticulatus*	0.32	0.33
	งูเห่า	*Naja* sp.	0.23	0.50
	เต่านา	*Malayemys macrocephala*	0.09	0.50
	เต่าบก	–	0.09	1.00
	เต่า (ไม่ทราบชนิด)	–	0.09	0.00
สัตว์ปีก	ไก่พื้นเมือง	*Gallus gallus*	0.18	0.33
	นกอินทรีย์	–	0.05	0.00
	อีกา	*Corvus macrorhynchos*	0.05	0.00
	แร้ง	–	0.05	0.00
	ไก่ป่า	*Gallus gallus spadiceus*	0.09	1.00
สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก	คางคก	–	0.05	0.00

อภิปรายและสรุปผล

ผลการศึกษาพบว่าผู้ให้ข้อมูลหลักส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 68.2) ขณะที่เพศหญิงมีสัดส่วนร้อยละ 31.8 สัดส่วนทางเพศที่พบอาจสะท้อนลักษณะการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการใช้สัตว์วัตถุในชุมชนไทลื้อ ซึ่งอาจมีความเกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางสังคมและบทบาททางเพศที่สืบทอดมาแต่ดั้งเดิม โดยมีแนวโน้มว่าการสืบทอดความรู้ด้านสัตววิทยาพื้นบ้านอาจเกิดขึ้นผ่านฝ่ายชายมากกว่าฝ่ายหญิง แม้ว่าในประเทศไทยยังไม่มีรายงานเชิงประจักษ์ที่ศึกษาสัตววิทยาพื้นบ้านของชาวไทลื้อโดยตรงในบริบทของบทบาททางเพศ แต่เมื่อพิจารณาวรรณกรรมด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านในกลุ่มชาติพันธุ์ภาคเหนือตอนบน จะพบว่าบทบาทของเพศหญิงมีความสำคัญอย่างมากต่อความหลากหลายของพืชพื้นบ้าน ไม่ว่าจะเป็นการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ การหยอดปลูก ตลอดจนการดูแลรักษาแปลงเพาะปลูกให้ปราศจากศัตรูพืช บทบาทดังกล่าวทำให้ผู้หญิงได้รับการยอมรับในฐานะผู้มีความละเอียดรอบคอบและมีความชำนาญเกี่ยวกับความหลากหลายของพืชอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ยศ สันตสมบัติ (2542) ชี้ให้เห็นว่าบทบาทและองค์ความรู้ของผู้หญิงเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพในหลายชุมชนมักถูกมองข้ามจากนักวิชาการ เนื่องจากมายาคติทางเพศและกรอบการวิเคราะห์เชิงแยกส่วน ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้งานศึกษาด้านสัตววิทยาพื้นบ้านยังไม่ให้ความสนใจกับบทบาทของผู้หญิงอย่างเพียงพอ ดังนั้น ผลการศึกษาครั้งนี้จึงอาจสะท้อนให้เห็นไม่เพียงโครงสร้างการถ่ายทอดองค์ความรู้ในชุมชนไทลื้อเท่านั้น แต่ยังชี้ให้เห็นช่องว่างทางวิชาการที่ควรได้รับการสำรวจเพิ่มเติม โดยเฉพาะการพิจารณาบทบาทของทั้งเพศชายและเพศหญิงในกระบวนการอนุรักษ์ภูมิปัญญาด้านการใช้สัตว์วัตถุทางการแพทย์พื้นบ้านของกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือ

ผลการสำรวจและจำแนกชนิดสัตว์ที่ชาวไทลื้อใช้เป็นสัตว์วัตถุ พบว่ามีทั้งหมด 38 ชนิด โดยสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด (16 ชนิด) ลักษณะดังกล่าวอาจเชื่อมโยงกับบทบาททางชีววิทยาและวัฒนธรรมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งมีขนาดใหญ่และมีศักยภาพในการให้ประโยชน์หลายด้าน ทั้งเพื่อการรักษา การบริโภค และการใช้ในพิธีกรรม ความหลากหลายของการใช้ประโยชน์นี้สะท้อนความสัมพันธ์เชิงวัฒนธรรมระหว่างมนุษย์กับสัตว์ตามแนวคิดของชีววิทยาชาติพันธุ์ ซึ่งอธิบายว่าสัตว์แต่ละชนิดได้รับการให้คุณค่าทางสังคมและความหมายทางวัฒนธรรมแตกต่างกันไปตามบริบทของชุมชน (Hunn, 2011) ผลการศึกษานี้ยืนยันความสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ เช่น การศึกษาของ Jaroli et al. (2010) ในประเทศอินเดีย ที่รายงานว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นกลุ่มที่ถูกใช้มากที่สุด จำนวน 14 ชนิด จากสัตว์ทั้งหมด 24 ชนิด โดยสัตว์กลุ่มนี้มีบทบาททั้งในฐานะอาหาร เครื่องนุ่งห่ม และยาพื้นบ้าน ซึ่งปรากฏอยู่ในวิถีชีวิตของกลุ่มชาติพันธุ์อินเดียมาอย่างยาวนาน ข้อมูลจากงานวิจัยของ Vijayakumar et al. (2015) ในพื้นที่ของรัฐเกรละ (Kerala) ยังแสดงให้เห็นรูปแบบเดียวกัน โดยพบว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมถูกใช้มากที่สุด จำนวน 20 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 29 ขณะที่ Benítez (2011) ในประเทศสเปน รายงานการใช้สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมคิดเป็นร้อยละ 30 ในระบบการแพทย์พื้นบ้าน ซึ่งสะท้อนบทบาทสำคัญของสัตว์กลุ่มนี้ในองค์ความรู้ดั้งเดิมของหลายภูมิภาค เมื่อพิจารณาผลที่พบในชุมชนไทลื้อภายใต้กรอบของชีววิทยาพื้นบ้าน จะเห็นได้ว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้รับการให้ความสำคัญในฐานะทรัพยากรชีวภาพที่มีคุณค่าในหลายมิติ ไม่เพียงเชื่อมโยงกับความต้องการพื้นฐานของมนุษย์เท่านั้น แต่ยังสัมพันธ์กับกรอบความเชื่อ ระบบนิเวศวัฒนธรรม และความรู้ที่สั่งสมผ่านประสบการณ์ของชุมชน ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของระบบความรู้ท้องถิ่น ที่รูปแบบการเลือกใช้สัตว์ไม่ได้เป็นเพียงผลจากความพร้อมของทรัพยากร แต่เกิดจากกระบวนการรับรู้ คุณค่า และความหมายที่หล่อหลอมผ่านวัฒนธรรมของแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ (Anderson, 2011)

การจำแนกกลุ่มโรคหรือกลุ่มอาการที่ชาวไทลื้อกล่าวถึงในการใช้สัตว์วัตถุเพื่อการรักษาพบทั้งหมด 34 กลุ่ม โดยกลุ่มโรคที่ได้รับการอ้างถึงมากที่สุดคือโรคเกี่ยวกับกระดูกและอาการปวดกระดูก (ร้อยละ 18.44) สัดส่วนที่สูงดังกล่าวอาจสะท้อนให้เห็นถึงความชุกของอาการปวดเมื่อยและโรคระบบกระดูกในทุกช่วงวัย โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรสำคัญในชุมชน การพบกลุ่มอาการนี้ในสัดส่วนมากที่สุดจึงอาจเป็นผลจากโครงสร้างประชากรและรูปแบบการดำรงชีวิตของชาวไทลื้อที่เอื้อต่อการเกิดโรคดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยชาติพันธุ์วิทยาในภูมิภาคอื่นจะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยการศึกษาที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า Mount Abu ประเทศอินเดีย รายงานว่ากลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคไอ โรคหอบหืด และอาการทางเดินหายใจอื่น ๆ เป็นกลุ่มที่ถูกกล่าวถึงบ่อยที่สุด (Jaroli et al., 2010) เช่นเดียวกับรายงานการใช้สัตว์เป็นยาแผนโบราณของชนเผ่า Sukuma ในประเทศแทนซาเนีย ซึ่งพบว่ากลุ่มโรคระบบหายใจเป็นกลุ่มอาการที่ได้รับการอ้างถึงสูงที่สุดเช่นกัน (Vats and Thomas, 2015) ความแตกต่างดังกล่าวอาจสะท้อนบริบททางภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม และรูปแบบความเจ็บป่วยที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค

การใช้ส่วนต่าง ๆ ของสัตว์เพื่อการรักษาโรค พบว่าชาวไทลื้อใช้อวัยวะหรือส่วนของสัตว์ทั้งหมด 26 ประเภท โดยส่วนที่ได้รับการอ้างถึงมากที่สุดคือกระดูก (ร้อยละ 25.40) การใช้กระดูกในสัดส่วนสูงอาจเนื่องมาจากความคงทน การเก็บรักษาได้ยาวนาน และความสะดวกต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้ รูปแบบดังกล่าวแตกต่างจากรายงานในประเทศสเปน ซึ่งพบว่าการใช้สัตว์ทั้งตัวเป็นสัดส่วนสูงที่สุด (ร้อยละ 32.00) (Benítez, 2011) และผลการศึกษาในเกาะเชจู ประเทศเกาหลี ที่รายงานการใช้สัตว์ทั้งตัวสูงที่สุดเช่นกัน (Kim and Song, 2013) สำหรับวิธีการเตรียมสัตว์วัตถุ พบทั้งหมด 21 วิธี โดยวิธีที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดคือการฝนกับน้ำและนำไปผ่านความร้อนด้วยการต้มก่อนใช้ (ร้อยละ 19.67) วิธีการนี้เป็นกระบวนการที่มีความสะดวกและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในเกาะเชจู ประเทศเกาหลี ที่รายงานว่าการเตรียมสัตว์ให้อยู่ในรูปแบบของเหลวเป็นวิธีที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุด (Kim and Song, 2013) อย่างไรก็ตาม รายงานจากรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย พบว่าวิธีการเตรียมที่ได้รับการกล่าวถึงสูงสุดคือการใช้ส่วนต่าง ๆ ของสัตว์ในรูปแบบดิบ (Vijayakumar et al., 2015) เช่นเดียวกับการศึกษาที่พื้นที่ใกล้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ากิบบอน รัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย ซึ่งพบว่าการเตรียมแบบดิบโดยไม่ผ่านกระบวนการปรุงแต่งใด ๆ เป็นวิธีที่ถูกอ้างถึงมากที่สุด (Borah and Prasad, 2017)

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีทางสัตววิทยาพื้นบ้านโดยใช้ค่าดัชนีการใช้สัตว์สะท้อนโครงสร้างองค์ความรู้ด้านสัตว์วัตถุของชาวไทลื้ออย่างชัดเจน โดยเลียงผา (*C. milneedwardsii*) ที่มีค่าการใช้สูงที่สุดในบรรดาสัตว์ทั้งหมดที่ถูกกล่าวถึง แสดงให้เห็นว่าสัตว์ชนิดนี้มีความหมายเชิงวัฒนธรรมและเชิงสัญลักษณ์ในฐานะทรัพยากรที่ถูกยอมรับและใช้จริงตามโลกทัศน์ของชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีชาติพันธุ์วิทยาที่มองว่าองค์ความรู้ท้องถิ่นถูกสร้างขึ้นผ่านประสบการณ์ การสังเกต และการถ่ายทอดทางวัฒนธรรมในระยะยาว ขณะเดียวกัน การพบการใช้สัตว์ที่มีสถานภาพถูกคุกคาม เช่น ตัวนิ่ม (*M. javanica*) และเสือโคร่ง (*P. tigris*) สะท้อนความตึงเครียดระหว่างระบบความหมายทางวัฒนธรรมกับระบอบการอนุรักษ์สมัยใหม่ ซึ่งมีการอภิปรายอย่างต่อเนื่องในวรรณกรรมด้านชาติพันธุ์วิทยาและการอนุรักษ์ (Dhakal et al., 2020; Nieman et al., 2019; Zarazúa-Carbajal et al., 2020) สำหรับสัตว์ที่มีค่าการใช้ต่ำ เช่น ลิงแสม เก้งเหนือ แรด กระทิง แมวป่า ปิ้ง และชนิดอื่น ๆ แสดงให้เห็นตำแหน่งเชิงวัฒนธรรมที่มีความสำคัญรองโดยการใช้อาจจำกัดอยู่ในบางบริบทหรือบางครัวเรือนเท่านั้น สอดคล้องกับแนวคิดชาติพันธุ์วิทยาที่ว่า ความรู้ท้องถิ่นเป็นระบบที่มีลำดับชั้นของความสำคัญ มากกว่าจะเป็นชุดความรู้ที่มีน้ำหนักเท่ากันทุกชนิดพันธุ์

ข้อมูลจากดัชนีความสอดคล้องของการใช้เพื่อการรักษายังยืนยันความสอดคล้องขององค์ความรู้ในชุมชน โดยพังพอน เต่าบก และไก่ป่า มีดัชนีความสอดคล้องของการใช้เพื่อการรักษาสูงสุด แสดงถึงการยอมรับร่วมกันของชุมชนในการใช้สัตว์ทั้งสามชนิดเพื่อรักษาอาการเฉพาะอย่างมั่นคงและต่อเนื่อง ในขณะที่สัตว์ที่มีดัชนีความสอดคล้อง

ของการใช้เพื่อการรักษาเท่ากับ 0.00 เช่น ลิงแสม หมีควาย ชะนี ช้าง ตะกวด นกอินทรีย์ แร้ง และคางคก สะท้อนการขาดความสอดคล้องในองค์ความรู้ระหว่างผู้ให้ข้อมูล ซึ่งชี้ให้เห็นว่าบทบาทของสัตว์เหล่านี้ไม่นับเป็นความรู้ร่วมของสังคมท้องถิ่น แม้ว่าจะถูกกล่าวถึงเป็นรายกรณี ผลลัพธ์ทั้งหมดนี้ไม่เพียงแสดงภาพของความรู้ท้องถิ่นที่ซับซ้อน แต่ยังสอดคล้องกับกรอบชาติพันธุ์วิทยาที่มองความรู้พื้นบ้านเป็นระบบที่กำกับด้วยบริบท (context-dependent system) ที่ถูกสร้างผ่านประสบการณ์ การปฏิบัติจริง และการถ่ายทอดระหว่างรุ่น เช่นเดียวกับที่พบในงานของ Chellappandian et al. (2014) ซึ่งยืนยันว่าการใช้ดัชนีเชิงปริมาณอย่างดัชนีความสอดคล้องของการใช้เพื่อการรักษาสามารถอธิบายแบบแผนองค์ความรู้ด้านสัตว์วัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลากหลายวัฒนธรรม

โดยสรุป องค์ความรู้ด้านการใช้สัตว์วัตถุของชาวไทลื้อสะท้อนระบบความรู้ท้องถิ่นที่มีความซับซ้อนและผูกพันอย่างลึกซึ้งกับบริบททางสังคม วัฒนธรรม ระบบนิเวศ และประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของชุมชน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแบบแผนการใช้สัตว์ในฐานะทรัพยากรด้านการแพทย์พื้นบ้านไม่ได้เป็นเพียงการตอบสนองต่อความพร้อมของทรัพยากรในพื้นที่เท่านั้น แต่ยังเชื่อมโยงกับการรับรู้ คุณค่า และความหมายที่สั่งสมผ่านกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ระหว่างรุ่น ซึ่งปรากฏให้เห็นทั้งในโครงสร้างบทบาททางเพศ ความโดดเด่นของสัตว์บางชนิด ความแตกต่างของการใช้ส่วนต่าง ๆ ของสัตว์ และวิธีการเตรียมสัตว์วัตถุ นอกจากนี้ ค่าดัชนีการใช้สัตว์และและดัชนีความสอดคล้องของการใช้เพื่อการรักษายังช่วยยืนยันความสำคัญที่แตกต่างกันของสัตว์แต่ละชนิด ตลอดจนระดับความสอดคล้องขององค์ความรู้ภายในชุมชนที่มีทั้งส่วนที่มั่นคงและส่วนที่แตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของผู้ให้ข้อมูล ผลลัพธ์ทั้งหมดนี้สะท้อนว่าระบบความรู้ด้านสัตววิทยาพื้นบ้านของชาวไทลื้อเป็นองค์ความรู้ที่มีพลวัต มีบริบทเฉพาะ และมีความสำคัญต่อวิถีชีวิตของชุมชน ซึ่งควรได้รับการศึกษาต่อเนื่องทั้งในเชิงวัฒนธรรม การอนุรักษ์ทรัพยากรชีวภาพ และการเปลี่ยนแปลงของภูมิปัญญาท้องถิ่นในสังคมร่วมสมัย

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อการพัฒนาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สัญญาเลขที่ B368019 ขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล อนุเคราะห์ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการเข้าพื้นที่ตลอดการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ยศ สันตสมบัติ. (2542). **ความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน**. เชียงใหม่: นพบุรีการพิมพ์.

Anderson EN. (2011). Ethnobiology: Overview of a growing field. In EN Anderson, D Pearsall, E Hunn, N Turner (Eds.). **Ethnobiology** (pp. 1–14). Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.

Benítez G. (2011). Animals used for medicinal and magico-religious purposes in western Granada Province, Andalusia (Spain). **Ethnopharmacol, 137**(3), 1113–1123.

Betlu ALS. (2013). Indigenous knowledge of zootherapeutic use among the Biate tribe of Dima Hasao District, Assam, Northeastern India. **EthnobiolEthnomed, 9**(56).

Borah MP, Prasad SB. (2017). Ethnozoological study of animal-based medicine used by traditional healers and indigenous inhabitants in the adjoining areas of Gibbon Wildlife Sanctuary, Assam, India. **EthnobiolEthnomed, 13**(39).

Chellappandian M, Pandikumar P, Mutheeswaran S, Gabriel Paulraj M, Prabakaran S, Duraipandiyan V, Ignacimuthu S, Al-Dhabi NA. (2014). Documentation and quantitative analysis of local ethnozoological knowledge among traditional healers of Theni district, Tamil Nadu, India. **Ethnopharmacol, 154**, 116–130.

Cotton C. (1996). **Ethnobotany: Principles and applications**. Chichester, UK: Wiley & Sons.

Dey A, Goraib P, Mukherjee A, Dhand R, Modak BK. (2017). Ethnobiological treatments of neurological conditions in the Chota Nagpur Plateau, India. **Ethnopharmacol, 198**, 33–44.

Dhakal P, Chettri B, Lepcha S, Acharya BK. (2020). Rich yet undocumented ethnozoological practices of socio-culturally diverse indigenous communities of Sikkim Himalaya, India. **Ethnopharmacol**, 249, 112386.

Goodman LA. (1961). Snowball sampling. **AnnMathStatist, 32**(1), 148–170.

Hidayati S, Franco FM, Bussmann RW. (2015). Ready for phase 5 – current status of ethnobiology in Southeast Asia. **EthnobiolEthnomed, 11**(17).

Hunn ES. (2011). Ethnozoology. In EN Anderson, D Pearsall, E Hunn, N Turner (Eds.), **Ethnobiology** (pp. 83–96). Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.

Huntington HP. (2000). Using traditional ecological knowledge in science: Methods and applications. **EcolAppl, 10**(5), 1270–1274.

Jaroli DP, Mahawar MM, Vyas N. (2010). An ethnozoological study in the adjoining areas of Mount Abu Wildlife Sanctuary, India. **EthnobiolEthnomed, 6**(6).

Kim H, Song MJ. (2011). Analysis and recordings of orally transmitted knowledge about medicinal plants in the southern mountainous region of Korea. **Ethnopharmacol, 134**(3), 676–696.

Kim H, Song MJ. (2013). Ethnozoological study of medicinal animals on Jeju Island, Korea. **Ethnopharmacol, 146**(1), 75–82.

Mahawar, MM, Jaroli, DP. (2008). Traditional zootherapeutic studies in India: A review. **EthnobiolEthnomed, 4**(17).

Martin GJ. (1995). **Ethnobotany: A conservation manual**. London, England: Chapman & Hall.

Nieman WA, Leslie AJ, Wilkinson A. (2019). Traditional medicinal animal use by Xhosa and Sotho communities in the Western Cape Province, South Africa. **EthnobiolEthnomed, 15**(34).

Phillips O, Gentry AH, Reynel C, Wilkin P, Galvez-Durand BC. (1994). Quantitative ethnobotany and Amazonian conservation. **ConservBiol, 8**(1), 225–248.

Song MJ, Kim H. (2011). Ethnomedicinal application of plants in the western plain region of North Jeolla Province in Korea. **Ethnopharmacol, 137**(1), 167–175.

Thomas E, Vandebroek I, Sanca S, Damma PV. (2009). Cultural significance of medicinal plant families and species among Quechua farmers in Apillapampa, Bolivia. **Ethnopharmacol, 122**(1), 60–67.

Trotter RT, Logan MH. (1986). Informant consensus: A new approach for identifying potentially effective medicinal plants. In NL Etkin (Ed.). **Plants in indigenous medicine and diet: Behavioural approaches**. Bedford Hills, NY: Redgrave Publishing Company.

Vats R, Thomas S. (2015). A study on the use of animals as traditional medicine by the Sukuma Tribe of Busega District in Northwestern Tanzania. **EthnobiolEthnomed, 11**(38).

Vijayakumar S, Yabesh JEM, Prabhu S, Ayyanar M, Damodaran R. (2015). Ethnozoological study of animals used by traditional healers in Silent Valley of Kerala, India. **Ethnopharmacol, 13**(162), 296–305.

Zarazúa–Carbajal M, Chávez–Gutiérrez M, Romero–Bautista Y, Rangel–Landa S, Moreno–Calles AI, Alvarado Ramos LF, Smith SE, Blancas J, del Val E, Arizmendi MdC, Casas A. (2020). Use and management of wild fauna by people of the Tehuacán–Cuicatlán Valley and surrounding areas, Mexico. **EthnobiolEthnomed, 16**(4).

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากเปลือกโกโก้

Antioxidant activity and total phenolic content of cocoa pod extracts

นงนัชชา อินตา[1] และ วิภาวรรณ นันโท[1*]

Nongnatcha Inta[1] and Wipawan Nunto[1*]

บทคัดย่อ

เปลือกโกโก้เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากเปลือกโกโก้ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เอทานอลร้อยละ 50 และเอทานอลร้อยละ 80 จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity และวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin–Ciocalteu ผลการศึกษาพบว่าการสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 ให้ปริมาณสารสกัดสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 80 โดยมีค่าเท่ากับ 8.71 และ 8.21% ตามลำดับ นอกจากนี้ สารสกัดจากเอทานอลร้อยละ 50 แสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดจากเอทานอลร้อยละ 80 โดยมีค่าเท่ากับ 46.98 และ 32.52 mg GAE/g extract ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมพบว่าสารสกัดจากเปลือกโกโก้ที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าสารสกัดจากเอทานอลร้อยละ 80 โดยมีค่าเท่ากับ 51.54 และ 42.52 mg GAE/g extract ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเอทานอลร้อยละ 50 เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกโกโก้ และมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในอนาคต

คำสำคัญ: เปลือกโกโก้, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, สารประกอบฟีนอลิกรวม

[1] โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[1] Program of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai 57100

*Corresponding author: Wipawan.puk@crru.ac.th

Abstract

Cocoa pod husk is an agricultural by-product with high potential for utilization as a source of bioactive compounds, particularly phenolic compounds with antioxidant activity. This study aimed to evaluate the antioxidant activity and total phenolic content of cocoa pod husk extracts obtained using two solvents: 50% ethanol and 80% ethanol. The extracts were assessed for antioxidant activity using the DPPH radical scavenging assay, and total phenolic content was determined by the Folin–Ciocalteu method. The results showed that extraction with 50% ethanol yielded a higher extract content than extraction with 80% ethanol, with values of 8.71% and 8.21%, respectively. In addition, the extract obtained using 50% ethanol exhibited greater antioxidant activity compared to the 80% ethanol extract, with values of 46.98 and 32.52 mg GAE/g extract, respectively. Similarly, total phenolic content was higher in the extract prepared with 50% ethanol than in that prepared with 80% ethanol, with values of 51.54 and 42.52 mg GAE/g extract, respectively. Therefore, 50% ethanol was identified as a more suitable solvent for extracting antioxidant compounds from cocoa pod husk, indicating its potential for further development into value-added products derived from agricultural waste.

Keywords: Cocoa pod, Antioxidant activity, Total phenolic compound

บทนำ

โกโก้ (*Theobroma cacao* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศในเขตร้อนและกึ่งร้อนชื้น รวมทั้งประเทศไทย ซึ่งมีการปลูกโกโก้ในหลายพื้นที่ เช่น เชียงราย พิษณุโลก จันทบุรี ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และระยอง เปลือกโกโก้ (cocoa pod husk) เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจำนวนมากจากกระบวนการแปรรูปโกโก้ในการผลิตช็อกโกแลต โดยมีปริมาณสูงถึง 70–75% ของผลโกโก้ทั้งหมด ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ หากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม (Irwanto *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตาม เปลือกโกโก้ประกอบด้วยใยอาหารเป็นองค์ประกอบหลัก และมีสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกติน และลิกนิน (Lu *et al.*, 2018) และยังมีส่วนประกอบทางโภชนาการที่หลากหลาย และเป็นแหล่งสำคัญของแร่ธาตุอีกหลายชนิด ได้แก่ โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และกำมะถัน (Adi-Dako *et al.*, 2016)

เปลือกโกโก้เป็นผลผลิตพลอยได้ที่อุดมไปด้วยสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากที่มีประโยชน์ในเชิงสุขภาพ โดยเฉพาะสารโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน (Anoraga *et al.*, 2024) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง สามารถยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันที่ทำลายเซลล์และชะลอการเกิดริ้วรอยบนผิวหนัง นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าเปลือกโกโก้มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายด้าน เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Fajrin *et al.*, 2025) ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (Abdul Karim *et al.*, 2014; Priani *et al.*, 2019) ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์และฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ (Mu'nisa & Pagarra, 2019; Diniardi *et al.*, 2020; Rahayu *et al.*, 2023) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเปลือกโกโก้ในการพัฒนาเป็นวัตถุดิบเพื่อสุขภาพและเวชสำอางในอนาคต ด้วยเหตุนี้ การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากเปลือกโกโก้จึงมีความสำคัญต่อการนำทรัพยากรเหลือใช้ทางการเกษตรมาต่อยอดสู่ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากเปลือกโกโก้ที่ใช้ตัวทำละลายต่างชนิด ได้แก่ เอทานอล 50% และ

เอทานอล 80% เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสกัด และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เวชสำอางที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดจากเปลือกโกโก้ที่สกัดด้วยตัวทำละลายแตกต่างกัน

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัด

นำเปลือกโกโก้ล้างด้วยน้ำเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก และหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้ง เมื่อเปลือกโกโก้แห้งแล้วให้นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น นำผงเปลือกโกโก้มาสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เอทานอล 50% และเอทานอล 80% ในอัตราส่วน 1 กรัม : 10 มิลลิลิตร ปิดฝาขวด นำส่วนผสมที่ได้ไปหมักทิ้งไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ 120 รอบ/นาที (Abdul Karim *et al.*, 2014) นำสารละลายที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำกากที่ได้มาสกัดซ้ำอีกครั้ง นำตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ จนกว่าจะได้สารสกัดที่มีลักษณะเหนียวหนืดและมีสี เข้มขึ้น แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาคำนวณหาปริมาณร้อยละของสารสกัดโดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{ร้อยละของสารสกัด} = \frac{\text{ปริมาณสารสกัดที่ได้ (กรัม)}}{\text{ปริมาณเปลือกโกโก้ที่ใช้ (กรัม)}} \times 100$$

2. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity (Brand–Williams *et al.*, 1995; Ho *et al.*, 2010)

เตรียมสารสกัดจากเปลือกโกโก้ ให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 – 0.4 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สำหรับสารมาตรฐานกรดแกลลิกจะใช้ความเข้มข้น 0.001 – 0.01 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยละลายในเมทานอล นำสารในแต่ละความเข้มข้นปริมาตรใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 20 นาทีแล้วทำการสังเกตสีของสารละลาย จากนั้นนำสารละลายมาวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) โดยใช้ความยาวคลื่นที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้ DPPH เป็นตัวควบคุม และใช้เมทานอล เป็นตัวอย่างอ้างอิง (Blank) นำค่าการดูดกลืนแสงของสารทดสอบที่ได้ในแต่ละความเข้มข้นมาคำนวณหาค่า % Inhibition โดยใช้สูตรดังนี้

$$\%\ \text{Inhibition} = \frac{A_{control} - (B - C)_{test})}{A_{control}} \times 100$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ : DPPH 1.5 มิลลิลิตร + เมทานอล 0.5 มิลลิลิตร

B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ : DPPH 1.5 มิลลิลิตร + Gallic acid หรือ สารสกัด 0.5 มิลลิลิตร

C คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ : Gallic acid หรือสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร + เมทานอล 1.5 มิลลิลิตร

แล้วทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Inhibition กับความเข้มข้นของของสารทดสอบ คำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารทดสอบที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC_{50}) กราฟมาตรฐาน นำค่า IC_{50} ของสารสกัดมาคำนวณหาฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระดัง สูตรต่อไปนี้

$$\text{ฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (mg GAE/g extract)} = \frac{IC_{50}\ \text{Gallic acid (mg/ml)}}{IC_{50}\ \text{สารสกัด (mg/ml)}} \times 1000$$

3. การทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกรวม โดยวิธี Folin – Ciocalteau (Chandler and Dodds, 1983)

เตรียมสารสกัดของแต่ละตัวทำละลายความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 0.25 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร เอาทานอลความเข้มข้น 95% ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย 50% Folin – Ciocalteau ปริมาตร 0.125 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและบ่มทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ลงไปเขย่าให้เข้ากันอีกครั้ง และบ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer แล้วนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวม โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิค ($y = 7.5386x + 0.0119$, $R^2 = 0.9967$)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเปรียบเทียบค่า IC_{50} ระหว่างกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติ One-Way ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่กลุ่มด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test นอกจากนี้ นำค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสองกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติ Independent Sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$

ผลการศึกษา

1. ผลการสกัดสารสำคัญของเปลือกโกโก้ในแต่ละตัวทำละลาย

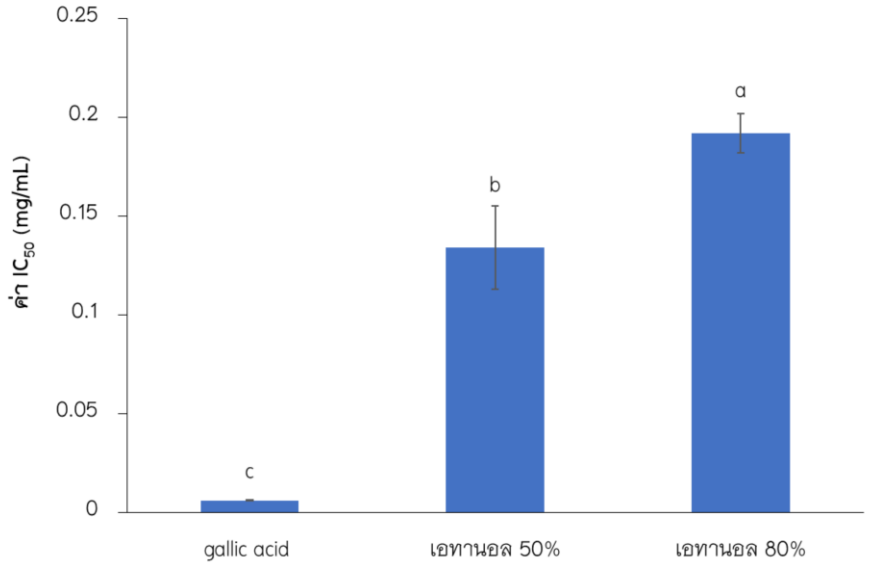
จากผลการสกัดสารสกัดหยาบของเปลือกโกโก้ในแต่ละตัวทำละลาย และนำสารสกัดที่ได้มาคำนวณหาปริมาณร้อยละผลผลิต พบว่าสารสกัดมีปริมาณร้อยละของผลผลิตอยู่ระหว่าง 8.27 – 8.71 โดยสารสกัดจากเอทานอล 50% มีร้อยละของสารสกัดอยู่ที่ 8.71 และสารสกัดเอทานอล 80% มีร้อยละสารสกัดอยู่ที่ 8.27 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตของสารสกัด

สารสกัดจากตัวทำละลาย	เปลือกโกโก้แห้ง (กรัม)	สารสกัด (กรัม)	ร้อยละของสารสกัด (%)
เอทานอล 50%	100	8.71	8.71
เอทานอล 80%	100	8.27	8.27

2. ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity

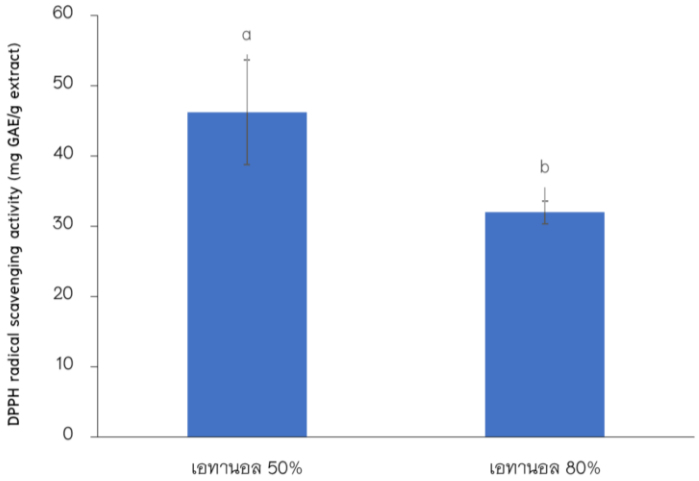
จากการนำสารสกัดจากเปลือกโกโก้ที่สกัดจากตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด มาทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity โดยนำค่าดูดกลืนแสงมาคำนวณหาร้อยละของสารสกัดในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (% Inhibition) แล้วนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัด และร้อยละการยับยั้ง และนำสมการที่ได้จากกราฟมาคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC_{50}) จากการศึกษาพบว่าสารละลายกรดแกลลิค ซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐาน มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 0.006 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เมื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าของ IC_{50} ของสารสกัดจากเปลือกโกโก้ในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน พบว่าสารสกัดจากเปลือกโกโก้ที่สกัดจากเอทานอล 50% มีค่าน้อยกว่าสารสกัดจากเปลือกโกโก้ที่สกัดจากเอทานอล 80% โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.134 ± 0.021 และสารสกัดเปลือกโกโก้จากเอทานอล 80% มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.192 ± 0.010 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลของเปลือกโกโก้ และสารสะลายมาตรฐานกรดแกลลิก

หมายเหตุ ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยอักษรที่แตกต่างกัน (a–c) แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากนั้นนำค่า IC_{50} ของสารสกัดจากเปลือกโกโก้มาคำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานแกลลิค พบว่าเปลือกโกโก้ที่สกัดจากเอทานอล 50% มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าจากสารสกัดจากเอทานอล 80% โดยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 46.25 mg GAE/g extract และสารสกัดจากเอทานอล 80% มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 31.97 mg GAE/g extract (ภาพที่ 2)

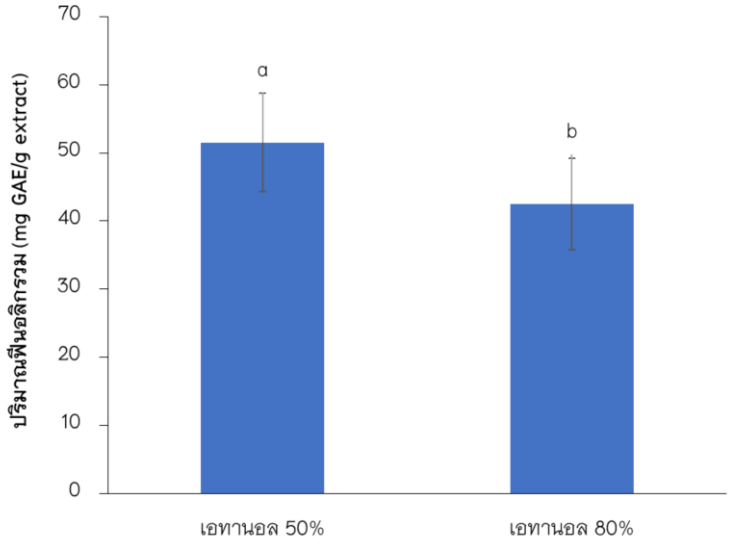


ภาพที่ 2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทานอลจากเปลือกโกโก้

หมายเหตุ ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยอักษรที่แตกต่างกัน (a, b) แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. ผลการทดสอบหาปริมาณสารฟีนอลิก (Total phenolic contents) โดยวิธี Folin – Ciocalteau

เมื่อนำสารสกัดหยาบจากเปลือกโกโก้ในแต่ละตัวทำละลาย มาทดสอบหาปริมาณสารฟีนอลิกรวม โดยวิธี Folin – Ciocalteau โดยใช้ความเข้มข้นเท่ากับ 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร พบว่าสารสกัดจากเปลือกโกโก้ที่สกัดด้วยเอทานอล 50% มีฟีนอลิกรวมมากกว่าสารสกัดเอทานอล 80% โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.54 และ 42.52 mg GAE/g extract (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดเอทานอลของเปลือกโกโก้

หมายเหตุ ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยอักษรที่แตกต่างกัน (a, b) แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการสกัดสารสำคัญจากเปลือกโกโก้ด้วยตัวทำละลายเอทานอล 2 ความเข้มข้น ได้แก่ เอทานอล 50% และเอทานอล 80% พบว่าเปลือกโกโก้ที่สกัดด้วยเอทานอล 50% ให้ร้อยละของสารสกัดสูงกว่าเปลือกโกโก้ที่สกัดด้วยเอทานอล 80% แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของความเป็นขั้ว (polarity) ของตัวทำละลายมีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดสารจากเปลือกโกโก้อย่างมีนัยสำคัญ ตัวทำละลายที่มีส่วนผสมของน้ำมากกว่า เช่น เอทานอล 50% ซึ่งมีความเป็นขั้วสูงกว่า สามารถสกัดสารประกอบที่มีขั้ว เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ และกรดอะมิโนได้ดีกว่า (Houghton & Raman, 1998) สอดคล้องกับองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้ที่มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 32–47 และโปรตีนร้อยละ 7–10 ทำให้ตัวทำละลายที่มีขั้วสูงสามารถสกัดสารออกมาได้มากกว่า ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Poonpaiboonpipat *et al.* (2011) ซึ่งรายงานว่าสารสกัดจากใบมะลิซ้อนด้วยเอทานอล 50% ให้ปริมาณสารสกัดหยาบสูงกว่าเอทานอลเข้มข้น และรายงานของ Do *et al.* (2014) ที่พบว่าการเพิ่มความเป็นขั้วของตัวทำละลายช่วยเพิ่มร้อยละของผลผลิตเช่นเดียวกัน

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม พบว่าเปลือกโกโก้เปลือกโกโก้ที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และมีสารประกอบฟีนอลิกรวม สอดคล้องกับรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าในเปลือกโกโก้ประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มโพลีฟีนอล กรดฟีนอลิก รวมไปถึงวารประกอบฟลาโวนอยด์ (Anoraga et al., 2024) โดยจากรายงานก่อนหน้าพบว่า สารสกัดเอทานอลจากเปลือกโกโก้ในประเทศมาเลเซียมีปริมาณฟีนอลลิกรวมเท่ากับ 164.26 ± 1.067 mg GAE/g extract และฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 10.72 ± 0.32 mg QCE/g extract (Chriscensia et al., 2024) นอกจากนี้ จากงานวิจัยของ Abdul Karim *et al.* (2014) ที่ใช้เทคนิค LC–MS/MS ในการตรวจวิเคราะห์ พบว่า สารโพลีฟีนอลที่พบในสารสกัดจากเปลือกโกโก้ ประกอบด้วยสารในหลายกลุ่ม ได้แก่ กรดฟีนอลิก เช่น protocatechuic acid และ salicylic acid รวมถึงสารในกลุ่ม ฟลาโวนอล อย่าง kaempferol และกลุ่มฟลาโวน ได้แก่ linarin, apigenin, และ luteolin นอกจากนี้ยังตรวจพบสารในกลุ่ม สติลบีนอยด์ คือ resveratrol และ crysoplenol ซึ่งอยู่ในกลุ่ม terpenoid เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมในตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ เอทานอล ความเข้มข้น 50% และ 80% พบว่าเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือ สารสกัดจากเอทานอล 50% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง และยังเป็นองค์ประกอบหลักในเปลือกโกโก้ เช่นเดียวกับรายงานของ Dewi (2023) พบว่าเอทานอล ความเข้มข้น 50% เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดฟีนอลิกและแอนโทไซยานินจากเปลือกโกโก้ นอกจากนี้จากรายงานของ Kim & Chin (2017) ยังสนับสนุนว่าตัวทำละลายเอทานอล 50% สามารถสกัดฟีนอลิกและให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในพืชหลายชนิด อย่างไรก็ตาม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ขึ้นอยู่กับสารฟีนอลิกเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ด้วย เช่น เทอร์พีนอยด์ อัลคาลอยด์ โพลิอะเซทิลีน และสเตอรอล (Llauradó Maury *et al.*, 2020) ตลอดจนขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก ได้แก่ วิธีการสกัด อัตราส่วนตัวอย่างต่อสารละลาย ขนาดตัวอย่าง และสมบัติทางเคมีของสารสกัด (Wijekoon *et al.*, 2011)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเอทานอล 50% เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเอทานอล 80% ทั้งในด้านปริมาณของสารสกัด ปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกโกโก้ ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเสริม สารต้านอนุมูลอิสระในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง หรือผลิตภัณฑ์สุขภาพที่เน้นการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดในกระบวนการแปรรูปของเสียจากอุตสาหกรรมโกโก้ให้เกิดมูลค่าเพิ่ม ช่วยลดของเสียและสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยครั้งนี้ยังเปิดประเด็นให้ศึกษาต่อไป เช่น การเพิ่มจำนวนตัวทำละลายชนิดอื่นหรือสัดส่วนผสมที่หลากหลายเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดในระดับที่ละเอียดขึ้น การแยกและระบุชนิดของ

สารสำคัญเฉพาะกลุ่ม เพื่อเชื่อมโยงกับฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างจำเพาะ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาฤทธิ์ชีวภาพเพิ่มเติม เช่น ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ เพื่อขยายขอบเขตการประยุกต์ใช้สารสกัดจากเปลือกโกโก้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Abdul Karim, A., Azlan, A., Ismail, A., Hashim, P., Abd Gani, S. S., Zainudin, B. H., & Abdullah, N. A. (2014). Phenolic composition, antioxidant, anti-wrinkles and tyrosinase inhibitory activities of cocoa pod extract. **BMC complementary and alternative medicine, 14**(1), 381.

Adi-Dako, O., Ofori-Kwakye, K., Frimpong Manso, S., Boakye-Gyasi, M. E., Sasu, C., & Pobee, M. (2016). Physicochemical and antimicrobial properties of cocoa pod husk pectin intended as a versatile pharmaceutical excipient and nutraceutical. **Journal of pharmaceutics, 2016**(1), 7608693.

Anoraga, S. B., Shamsudin, R., Hamzah, M. H., Sharif, S., & Saputro, A. D. (2024). Cocoa by-products: A comprehensive review on potential uses, waste management, and emerging green technologies for cocoa pod husk utilization. **Heliyon, 10**(16).

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology, 28**(1), 25-30.

Chandler, S. F., & Dodds, J. H. (1983). The effect of phosphate, nitrogen and sucrose on the production of phenolics and solasodine in callus cultures of *Solanum laciniatum*. **Plant cell reports, 2**(4), 205-208.

Chriscensia, E., Nathanael, J., Perwitasari, U., Putra, A. B. N., Adiyanto, S. A., & Hartrianti, P. (2024). Potential Utilisation of Theobroma cacao Pod Husk Extract: Protective Capability Evaluation Against Pollution Models and Formulation into Niosomes. **Tropical Life Sciences Research, 35**(2), 107.

Diniardi, E. M., Argo, B. D., & Wibisono, Y. (2020). Antibacterial activity of cocoa pod husk phenolic extract against Escherichia coli for food processing. **In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 475**(1), p. 012006.

Dewi, S.R. (2023). **Extraction of bioactive compounds from cacao pod husks (CPH)**. PhD thesis, University of Nottingham.

Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. **Journal of food and drug analysis, 22**(3), 296-302.

Fajrin, F. A., Holidah, D., Dewi, I. P., Christianty, F. M., Pratoko, D. K., Kinanti, M. D., ... & Istidamah, R. (2025). Analgesic and anti-inflammatory activity of ethanol extract from cocoa pod husk. **Tropical Journal of Natural Product Research, 9**(5).

Ho, C. H., Noryati, I., Sulaiman, S. F., & Rosma, A. (2010). In vitro antibacterial and antioxidant activities of *Orthosiphon stamineus* Benth. extracts against food-borne bacteria. **Food Chemistry**, 122(4), 1168-1172.

Houghton, P.J. and Raman, A. (1998) **Laboratory Handbook for Fractionation of Natural Extracts**. Chapman and Hall, London, 199 p.

Irwanto, D., Wiratni, W., Rochmadi, R., & Syamsiah, S. (2018). Lactic acid production from cocoa pod husk by studying further the influence of alkaloids on fermentation process using *Lactobacillus Plantarum* bacteria. **Reaktor, 18**(1), 51-56.

Kim, H. S., & Chin, K. B. (2017). Evaluation of antioxidative activity of various levels of ethanol extracted tomato powder and application to pork patties. **Korean journal for food science of animal resources, 37**(2), 242.

Llauradó Maury, G., Méndez Rodríguez, D., Hendrix, S., Escalona Arranz, J. C., Fung Boix, Y., Pacheco, A. O., ... & Cuypers, A. (2020). Antioxidants in plants: A valorization potential emphasizing the need for the conservation of plant biodiversity in Cuba. ***Antioxidants***, 9(11), 1048.

Lu, F., Rodriguez-Garcia, J., Van Damme, I., Westwood, N. J., Shaw, L., Robinson, J. S., ... & Charalampopoulos, D. (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 14**, 80-88.

Mu'nisa, A., & Pagarra, H. (2019, October). Analysis of phenolic content and antioxidant activity of cocoa pod husk (*Theobroma cacao* l.). **In Journal of Physics: Conference Series, 1317**(1), p. 012087.

Poonpaiboonpipat, T., Teerarak, M., Phuwiwat, W., Charoenying, P., & Laosinwattana, C. (2011). Allelopathic effects of Arabian jasmine (*Jasminum sambac* Ait.) and preliminary test for estimation of its natural herbicide activity. **Journal of Agricultural Technology, 7**(4), 1075-1087.

Priani, S. E., Aprilia, S., Aryani, R., & Purwanti, L. (2019). Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of face serum containing cocoa pod husk phytosome (*Theobroma cacao* L.). **Journal of Applied Pharmaceutical Science, 9**(10), 110-115.

Rahayu, Y. C., Setiawatie, E. M., Rahayu, R. P., & Ramadan, D. E. (2023). Analysis of antioxidant and antibacterial activity of cocoa pod husk extract (*Theobroma cacao* L.). **Dental Journal, 56**(4), 220-225.

Wijekoon, M. J. O., Bhat, R., & Karim, A. A. (2011). Effect of extraction solvents on the phenolic compounds and antioxidant activities of bunga kantan (*Etlingera elatior* Jack.) inflorescence. **Journal of food composition and analysis, 24**(4-5), 615-619.

การพ่นทางใบด้วยไคโตซานต่อการเจริญเติบโต ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรสายพันธุ์พิจิตร 4–4

Effects of foliar application of chitosan on growth, antioxidant activity, and andrographolide content in *Andrographis paniculata* Phichit 4–4

ณัฏฐาวี พัฒนสิริกุล[1] และ เนริสา คุณประทุม[1*]

Natthawee Pattanasirigool[1] and Narisa Kunpratum[1*]

บทคัดย่อ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall. ex. Nees) เป็นสมุนไพรที่นิยมนำมาใช้ในทางการแพทย์ มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญได้แก่ แอนโดรกราโฟไลด์ ที่ใช้ในการลดการอักเสบ ต้านเชื้อแบคทีเรียและไวรัส ไคโตซานเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ มีบทบาทในการกระตุ้นการเจริญเติบโต และกระตุ้นการสร้างสารทุติยภูมิในพืช การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่นไคโตซาน (0, 250, และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร) ต่อการเจริญเติบโต และสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร หลังการพ่น 24 ชั่วโมงพบว่าไคโตซานความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรได้สูงที่สุด โดยกระตุ้นน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง แต่ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ลดลงเล็กน้อย นอกจากนี้ไคโตซานทุกความเข้มข้นยังกระตุ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยรวม ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นไคโตซานมีศักยภาพเป็นสารกระตุ้นที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต และการสร้างสารสำคัญในพืชสมุนไพร สามารถประยุกต์ใช้ในการเพาะปลูกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ ช่วยเสริมศักยภาพในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยา

คำสำคัญ: ฟ้าทะลายโจร, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, ไคโตซาน, แอนโดรกราโฟไลด์

[1] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author: narisak@nu.ac.th

Abstract

Andrographis paniculata (Burm.f.) Wall. ex. Nees is a widely used medicinal herb, with andrographolide as its major bioactive compound possessing anti-inflammatory, antibacterial, and antiviral properties. Chitosan, a polysaccharide, is known to enhance plant growth and stimulates secondary metabolite production. This study aimed to investigate the effects of foliar application of chitosan (0, 250, and 500 mg/l) on growth and andrographolide contents in *A. paniculata*. At 24 hours after treatment, 250 mg/l Chitosan promoted the highest growth performance, as indicated by increases in fresh weight and dry weight, while slightly decreasing chlorophyll and carotenoid contents. Moreover, all concentrations of chitosan enhanced overall antioxidant activity, phenolic and flavonoid contents, as well as andrographolide accumulation. These results suggest that chitosan has potential as an elicitor to improve both growth and secondary metabolite production in medicinal plants, providing opportunities for its application in cultivation and pharmaceutical product development.

Keywords: *Andrographis paniculata*, Antioxidant activity, Chitosan, Andrographolide

บทนำ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall. ex. Nees) เป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่นิยมนำมาใช้ในทางการแพทย์อย่างแพร่หลายพบในแถบทวีปเอเชีย จัดอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (บัญชียาจากสมุนไพร) มีสารออกฤทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบหลักคือแอนโดรกราโฟไลด์ (andrographolide) ซึ่งอยู่ในกลุ่มของ diterpenoid lactone ที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายประการ เช่น ต้านการอักเสบ รักษาอาการเจ็บคอ ต้านมะเร็ง ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Qu et al., 2022) ยับยั้งการเพิ่มจำนวนอนุภาคของไวรัสหลายชนิด ได้แก่ ไวรัส HIV ไวรัสไข้มาลาเรีย ไวรัสเดงกี ไวรัสตับอักเสบบี ตับอักเสบซี และไวรัสไข้หวัดใหญ่ (Chariya et al., 2015) โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอส นอกจากนี้ได้มีการนำฟ้าทะลายโจรมารักษาโควิด – 19 โดยสามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของไวรัส SARS CoV-2 ได้ และลดการอักเสบในเซลล์ปอด ซึ่งการอักเสบนี้เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอาการรุนแรงในผู้ป่วยโควิด – 19 ปัจจุบันความต้องการใช้ฟ้าทะลายโจรเพิ่มสูงขึ้นจึงเป็นที่ต้องการของตลาดผู้บริโภค ส่งผลให้มีการนำฟ้าทะลายโจรแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยาและอาหารเสริมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณสารสำคัญแอนโดรกราโฟไลด์ในตัวอย่างฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในสภาพธรรมชาติมีปริมาณน้อย ในธรรมชาติปริมาณของสารสำคัญที่พบในฟ้าทะลายโจร มีความแปรผันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สายพันธุ์ สภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก อายุของพืช และช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตามถือว่ามีปริมาณที่ไม่แน่นอนและขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายประการ (Mishra et al., 2007; Roy et al., 2010) ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิธีการนำตัวกระตุ้นมาใช้ในการเพิ่มสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) ในพืช

ไคโตซาน (chitosan) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ มีโครงสร้าง 1,4-2-amino-2-deoxy-β-D glucose เป็นอนุพันธ์ของไคติน ที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกกุ้ง เปลือกปู และแมลง (Chakraborty et al., 2020) จัดเป็นสารไบโอพอลิเมอร์ที่มีความปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไคโตซานสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตร มีบทบาทในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ การเพิ่มจำนวนใบ ความสูงของพืช น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของพืช นอกจากนี้ยังกระตุ้นการพัฒนาของผล มีงานวิจัยพบว่าการใช้ไคโตซานกระตุ้นจำนวนใบ จำนวนยอด และความยาวยอดของฟ้าทะลายโจรที่เพาะเลี้ยงเนื่อเยื่อ (Patuhai et al., 2023) และการพ่นไคโตซานความเข้มข้น 500 และ 1000

มิลลิกรัม/ลิตร กระตุ้นน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของขมิ้น รวมถึงน้ำหนักของผลสตอรเบอร์รี่ (Sathiyabama et al., 2016 ; Rahman et al., 2018) นอกจากนี้ไคโตซานสามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันตัวของพืช ทำให้พืชต้านทานต่อเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัสได้ดีขึ้น และกระตุ้นสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิในพืช ได้แก่ แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ phenylalanine ammonia-lyase (PAL), tyrosine ammonialyase (TAL) และ catalase (CAT) (Chakraborty et al., 2020) การใช้ไคโตซานความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของฟ้าทะลายโจรสามารถกระตุ้นปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ได้แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Patuhai et al., 2023) การใช้ไคโตซานความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิกรัม/ลิตร ให้กับต้นดอกคำฝอยที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถกระตุ้นปริมาณฟีนอลิกได้ (Golkar et al., 2019) และการฉีดพ่นไคโตซานความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร ทางใบของพืชสมุนไพร *Dracocephalum kotschyi* สามารถกระตุ้นการเพิ่มปริมาณของเอนไซม์ PAL เพิ่มสูงขึ้น และสามารถกระตุ้นปริมาณ curcumin ในขมิ้นได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้ไคโตซานต่อการเพิ่มผลผลิตและปริมาณสารสำคัญในฟ้าทะลายโจร เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการใช้เป็นประโยชน์ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยาและอาหารเสริมสุขภาพ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโต และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การเตรียมพืช และการควบคุมการเจริญเติบโต

นำเมล็ดฟ้าทะลายโจรพันธุ์พิจิตร 4-4 ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร แช่ในน้ำอุ่น 10 นาที และแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพาะเมล็ดลงในตะกร้าที่มีวัสดุเพาะพีทมอท จากนั้นประมาณ 1 สัปดาห์เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบเลี้ยงทำการคัดเลือกต้นกล้าลงในถาดหลุมที่มีพีทมอท ปลูกต่อประมาณ 5 สัปดาห์ เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบแท้ 6 ใบทำการย้ายลงกระถางขนาด 4 นิ้ว โดยใช้ดินปลูก: มูลไส้เดือน ในอัตราส่วน 2:1 หลังจากย้ายลงกระถางประมาณ 1 สัปดาห์ เริ่มให้ปุ๋ยอินทรีย์โดยแบ่งให้ครั้งละ 4-5 กรัม ห่างกันประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช เมื่อต้นฟ้าทะลายโจรมีอายุประมาณ 8 สัปดาห์ ทำการย้ายต้นฟ้าทะลายโจรลงกระถางใหญ่ขนาด 9 นิ้ว จากนั้นให้ปุ๋ยอินทรีย์จนครบจำนวน 100 กรัม (ทยอยใส่ปุ๋ยครั้งละ 4-5 กรัม)

2. ผลของไคโตซานต่อการเจริญ และสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ

เมื่อต้นฟ้าทะลายโจรออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (อายุประมาณ 90 วัน) พ่นทางใบด้วยไคโตซานความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนชุดควบคุมไม่มีการฉีดพ่น ทำการเก็บผล 24 ชั่วโมงหลังการฉีดพ่น ได้แก่ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยรวม ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

3. การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์

นำใบฟ้าทะลายโจร 0.01 กรัม บดด้วยโกร่ง เติมอะซิโตนเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กรองด้วยผ้าขาวบาง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer SP-830 Plus ที่ความยาวคลื่น 470, 645 และ 663 นาโนเมตร เพื่อคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และแคโรทีนอยด์ดังสมการ (Ghosh et al., 2018)

Chlorophyll a = [12.7(OD663) – 2.69(OD645)] × V/ (1000 × W)

Chlorophyll b = [22.9(OD645) – 4.68(OD663)] × V/ (1000 × W)

Total Chlorophyll = [20.21(A645) + 8.02(A663)] × V/ (1000 × W)

Carotenoid = [1000(A470) – 1.82(chlorophyll a) – 85.02(chlorophyll b)] / 198

เมื่อ V = ปริมาตรของสารสกัด (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักของใบฟ้าทะลายโจร (กรัม)

4. การวิเคราะห์ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

นำใบฟ้าทะลายโจร 1 กรัม บดด้วยโกร่ง สกัดหยาบด้วยเอทานอลเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กรองด้วยผ้าขาวบาง ปิเปตสารสกัดฟ้าทะลายโจร 150 ไมโครลิตร เติม DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร จากนั้นเตรียมหลอด blank โดยใช้เอทานอลเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร แทนสารสกัด ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer SP-830 Plus ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
ดังสมการ

% Radical scavenging = ((A Control – A Sample) / A Control) × 100

เมื่อ A Sample = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัด

A Control = ค่าการดูดกลืนแสงของ blank (เอทานอล + DPPH)

5. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก

นำใบฟ้าทะลายโจร 1 กรัม บดด้วยโกร่ง สกัดหยาบด้วยเอทานอลเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กรองด้วยผ้าขาวบาง ปิเปตสารสกัดฟ้าทะลายโจรปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ตามด้วย folin – ciocalteu เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และ Na_2CO_3 เข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex mixer นำไปตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer SP-830 Plus ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร และคำนวณหาปริมาณของกรดแกลลิกดังสมการ (นันทนา พันธ์ศิริ และคณะ, 2562)

X = (Y–C)/M

เมื่อ X = ความเข้มข้นของฟีนอลิกในหน่วย มิลลิกรัมกรดแกลลิกเทียบเท่า/มิลลิลิตร

Y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง

C = ค่าคงที่ของสมการเส้นตรง

M = ค่าความชันของกราฟ

คำนวณหาค่าความเข้มข้นของฟีนอลิก (X) โดยแทนค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง (Y) จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวมในหน่วย มิลลิกรัมกรดแกลลิกเทียบเท่า/กรัมของสารสกัด คำนวณจากสมการ

$$T = (CV/M)/1000$$

เมื่อ T = ปริมาณฟีนอลิกรวม (มิลลิกรัมกรดแกลลิกเทียบเท่า/กรัมของสารสกัดสด)

C = ความเข้มข้นของฟีนอลิกที่คำนวณจากค่าการดูดกลืนแสง (X) ตามสมการแรก

V = ปริมาตรสารละลาย (มิลลิลิตร)

M = น้ำหนักของตัวอย่างพืช (กรัม)

6. การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

นำใบฟ้าทะลายโจร 1 กรัม บดด้วยโกร่ง สกัดหยาบด้วยเอทานอลเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กรองด้วยผ้าขาวบางปิเปตสารสกัดฟ้าทะลายโจรปริมาตร 500 ไมโครลิตร เติมเอทานอลปริมาตร 1500 ไมโครลิตร ตามด้วย $AlCl_3.6H_2O$ และ CH_3COOK เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 2800 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex mixer นำไปตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer SP-830 Plus ที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน quercetin ความเข้มข้น 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 มิลลิกรัม/ลิตร

7. การวิเคราะห์สารแอนโดรกราโฟไลด์ด้วยเทคนิค HPLC

นำต้นฟ้าทะลายโจรมาอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 วัน จนกว่าจะมีน้ำหนักแห้งคงที่ ชั่งน้ำหนักยอด 0.1 กรัม จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่อง homogenizer โดยใช้ลูกเหล็ก bug bead สกัดด้วยเมทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไป sonicate ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที ดูดสารละลายที่เป็นส่วนใสลงในหลอดใหม่ แล้วนำตะกอนที่เหลือไปสกัดซ้ำอีก 2 รอบ จากนั้นนำสารที่สกัดได้รวมกัน แล้วนำไประเหยแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เติมเมทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่าน nylon syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร นำไปวิเคราะห์สารแอนโดรกราโฟไลด์โดยใช้เทคนิค HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) ด้วยเครื่อง HPLC ยี่ห้อ Agilent 1260 คอลัมน์ชนิด phenomenex luna C18 และมีเมทานอล : น้ำกลั่น (65 : 35) เป็น mobile phase โดยฉีดตัวอย่างละ 30 นาที อัตราการชะที่ 1 มิลลิลิตร/นาที ปริมาตรที่ฉีดคือ 30 ไมโครลิตร ใช้ความยาวคลื่น 223 นาโนเมตร โดยเทียบกับสารแอนโดรกราโฟไลด์มาตรฐาน

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองโดยใช้ตัวอย่าง 10 ซ้ำต่อกลุ่มการทดลอง (n=10) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS Statistics version 26 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Tukey's multiple comparison test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

1. ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร

เมื่อฟ้าทะลายโจรออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ฉีดพ่นทางใบด้วยไคโตซานความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร หลังจากฉีดพ่นครบ 24 ชั่วโมง ทำการบันทึกน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งพบว่า ไคโตซานความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร กระตุ้นน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงที่สุดถึง 42.4 และ 12.8 กรัม/ต้น ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ในขณะที่ไคโตซานความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร ให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งลดลงเล็กน้อยคือ 26.6 และ 7.6 กรัม/ต้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม **(ตาราง 1)**

ตาราง 1 ผลของไคโตซานต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของฟ้าทะลายโจร

Concentrations of chitosan (mg/l)	Parameters of growth	
	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
0	31.8 ± 1.27[a]	8.9 ± 0.79[a]
250	42.4 ± 1.40[b]	12.8 ± 0.90[b]
500	26.6 ± 1.70[a]	7.6 ± 1.10[a]

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย (mean) ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ค่าที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

2. ผลของไคโตซานต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์

จากการศึกษาผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ พบว่า การใช้ไคโตซานในทุกความเข้มข้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (คลอโรฟิลล์เอและบี) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์บี พบว่าการพ่นไคโตซานความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีลดลงเล็กน้อย ขณะที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามความแตกต่างดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์ พบว่ามีค่าลดลงในทุกกลุ่มที่ได้รับไคโตซาน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม **(ตาราง 2)**

ตาราง 2 ผลของไคโตซานต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์

Concentrations of chitosan (mg/l)	Pigments (mg/g FW)			
	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Carotenoid
0	1.41 ± 0.05[NS]	0.98 ± 0.03[NS]	2.39 ± 0.08[NS]	0.60 ± 0.03[b]
250	1.27 ± 0.13	0.91 ± 0.07	2.18 ± 0.07	0.41± 0.02[a]
500	1.28 ± 0.10	1.01 ± 0.10	2.29 ± 0.10	0.40 ± 0.02[a]

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย (mean) ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ค่าที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ตัวอักษร NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (non–significant)

3. ผลของไคโตซานต่อปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าไคโตซานทุกความเข้มข้นมีบทบาทในการกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างชัดเจน โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับไคโตซานความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้สูงสุด (86.58 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ไคโตซานที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (**ตาราง 3**)

4. ผลของไคโตซานต่อปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์

จากการศึกษาผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ พบว่าไคโตซานทุกความเข้มข้นกระตุ้นปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้น โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับไคโตซานความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถกระตุ้นปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ได้สูงสุดถึง 1.65 และ 3.81 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**ตาราง 3**)

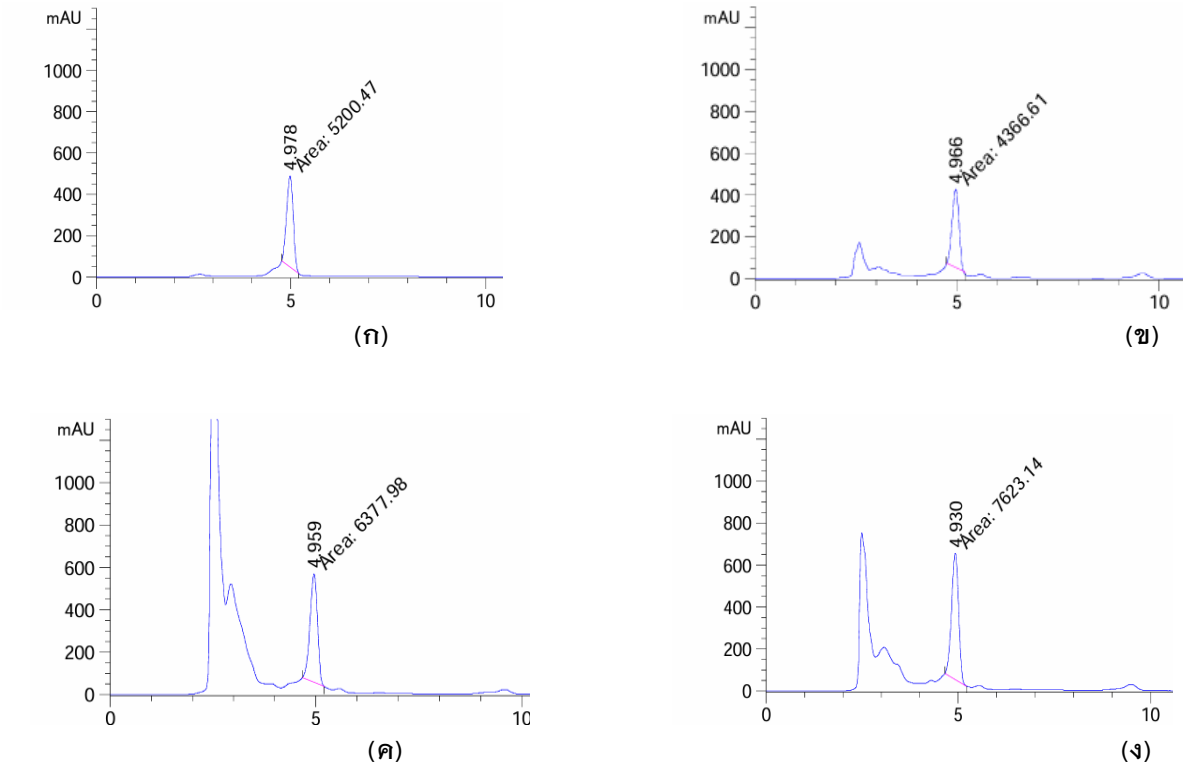
ตาราง 3 ผลของไคโตซานต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์

Concentrations of chitosan (mg/l)	Antioxidant activity (%)	Phenolic contents (mg GAE/g extract)	Flavonoid contents (mg QE/g extract)
0	84.63 ± 0.55^{a}	1.49 ± 0.04^{NS}	3.57 ± 0.18^{NS}
250	86.58 ± 0.39^{b}	1.65 ± 0.07	3.81 ± 0.30
500	85.53 ± 0.51^{ab}	1.53 ± 0.04	3.74 ± 0.27

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย (mean) ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ค่าที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ตัวอักษร NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (non-significant)

5. ผลของไคโตซานต่อปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

จากการศึกษาผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร วิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC เทียบกับสารแอนโดรกราโฟไลด์มาตราฐาน พบว่าแอนโดรกราโฟไลด์ผ่านคอลัมน์ในนาทีที่ 5 (**ภาพที่ 1**) และไคโตซานทุกความเข้มข้นกระตุ้นปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ความเข้มข้นของไคโตซานที่สูงขึ้นมีแน้วโน้มเพิ่มปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์สูงขึ้น โดยฟ้าทะลายโจรที่ได้รับไคโตซานความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถกระตุ้นแอนโดรกราโฟไลด์ได้สูงสุดถึง 23.31 มิลลิกรัม/กรัมของน้ำหนักแห้ง สูงกว่าชุดควบคุม 1.3 เท่า (**ตาราง 4**)



ภาพที่ 1 โครมาโตแกรมจากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์โดยเทคนิค HPLC โดยใช้ (ก) สารมาตรฐานแอนโดรกราโฟไลด์ที่ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร (ข) สารสกัดฟ้าทะลายโจรชุดควบคุม (ค) สารสกัดฟ้าทะลายโจรที่พ่นไคโตซาน 250 มิลลิกรัม/ลิตร และ (ง) สารสกัดฟ้าทะลายโจรที่พ่นไคโตซาน 500 มิลลิกรัม/ลิตร

ตาราง 4 ผลของไคโตซานต่อปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

Concentrations of chitosan (mg/l)	Andrographolide contents (mg/g DW)
0	17.73 ± 2.65^{NS}
250	20.55 ± 2.87
500	23.31 ± 3.75

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย (mean) ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ตัวอักษร NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (non-significant) ที่ $p < 0.05$

สรุปผลและอภิปรายผล

1. ไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร

ไคโตซานจัดเป็นสารกระตุ้นทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากไคโตซานสามารถกระตุ้นการส่งสัญญาณของฮอร์โมนออกซิน และไซโตไคนิน ซึ่งจะกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการสร้างเซลล์ใหม่ พร้อมทั้งช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหาร (Zhang et al., 2018) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช และสามารถกระตุ้นการเพิ่มปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลินซึ่งกระตุ้นการแบ่งเซลล์เช่นกัน (Moenne and Gonzȧlez., 2021) เมื่อพืชได้รับไคโตซานส่งผลให้เกิดการกระตุ้นกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ ส่งผลให้ระดับ

เอนไซม์ fructose 1, 6–2 phosphatase (FBPase) เพิ่มสูงขึ้น เอนไซม์ชนิดนี้ทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยนรูปเป็น fructose–6–phosphate ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำคัญในกระบวนการสร้างน้ำตาลซูโครส การเพิ่มขึ้นของ FBPase จึงช่วยส่งเสริมการสังเคราะห์ซูโครสและเพิ่มแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อการเจริญของราก ขณะเดียวกัน น้ำตาลซูโครสยังมีบทบาทเป็นสัญญาณชีวเคมีที่กระตุ้นการสร้างและการทำงานของฮอร์โมนออกซิน ซึ่งเป็นฮอร์โมนหลักที่ควบคุมการยืดตัวและการแตกแขนงของราก เมื่อระดับของซูโครสและออกซินเพิ่มสูงขึ้นพร้อมกัน จะเกิดการส่งเสริมกันแบบ synergistic effect ทำให้การพัฒนาและการขยายตัวของรากเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Lopez–Moya et al., 2019; Li et al., 2020)

นอกจากนี้พบว่าการพ่นไคโตซานร่วมกับอัลลิซินช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลมะเขือเทศได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Choudhary et al. (2017) พบว่าการใช้อนุภาคนาโนไคโตซานร่วมกับคอปเปอร์ (Cu–chitosan nanoparticles) กับพืชข้าวโพด และมะเขือเทศสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า และเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ α–amylase และ protease ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสลายและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในพืช โดยเฉพาะในมะเขือเทศ การพ่นไคโตซานช่วยพัฒนาระบบลำเลียงน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซของพืช กระตุ้นการพัฒนา และสารอาหารจากรากไปยังส่วนต่างๆ ของพืช นอกจากนี้ไคโตซานยังช่วยกระตุ้นการเปิด ปิดของปากใบ ทำให้เพิ่มการรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่งผลให้ควบคุมการสังเคราะห์แสงได้ดี ทำให้พืชมีพลังงานมากพอสำหรับการออกดอกและสร้างผล (Amerany et al., 2020)

2. ไคโตซานต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์

ปริมาณคลอโรฟิลล์เป็นตัวบ่งชี้สำคัญถึงประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช มีบทบาทในการสร้างพลังงานและสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าไคโตซานส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hawrylak–Nowak et al., (2021) พบว่าการฉีดพ่นไคโตซานความเข้มข้น 100 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร ทางใบของต้นโหระพา (*Ocimum basilicum* L.) ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บีและแคโรทีนอยด์ลดลงเช่นกัน ไคโตซานสามารถเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์รงควัตถุโดยเฉพาะแคโรทีนอยด์ Ren et al. (2022) และงานวิจัยของ Acemi & Acemi, (2019) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานในรูปแบบโอลิโกเมอร์ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นมอร์นิ่งกลอรี่ (*Ipomoea purpurea*) ลดลง ซึ่งการลดลงนี้อาจเกี่ยวข้องกับการที่ไคโตซานไปกระตุ้นกลไกการป้องกันตัวเองของพืช นำไปสู่การทำงานของเอนไซม์ NADPH oxidase และการผลิตสารออกซิเดชันชนิดปฏิกิริยาสูง ได้แก่ reactive oxygen species (ROS) เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่ง ROS ที่เพิ่มสูงขึ้นสามารถทำลายระบบสังเคราะห์แสงและทำให้ระดับคลอโรฟิลล์เอและบีลดลงในที่สุด (Acemi & Acemi, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางงานที่ชี้ให้เห็นว่าผลของไคโตซานต่อปริมาณคลอโรฟิลล์อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของไคโตซาน รูปแบบโมเลกุล และสภาพแวดล้อมที่พืชได้รับ (Hernández-Hernández et al., 2018; Lima et al., 2022) อย่างไรก็ตามมีรายงานวิจัยที่พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มสูงขึ้นหลังจากได้รับไคโตซาน งานวิจัยของ Waewthongrak & Saleh, (2020) พบว่าการรดไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในต้นมะเขือเทศส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการทดลองพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์บีในฟ้าทะลายโจรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับไคโตซานความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร (1.01 มิลลิกรัม/กรัมของน้ำหนักสด) (**ตาราง 2**) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และงานวิจัยของ Chen et al. (2023) การฉีดพ่นไคโตซาน (0.1–1 เปอร์เซ็นต์) ทางใบของต้นสมุนไพรโหราข้าวโพด (*Pinellia ternata*) ส่งผลให้

ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าไคโตซานสามารถเสริมฤทธิ์เมื่อใช้ร่วมกับสารอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น การผสมผสานระหว่างไคโตซาน และกรดซาลิไซลิกช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการควบคุมเมแทบอลิซึมของรงควัตถุ (Angouti et al., 2024)

3. ไคโตซานต่อปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการทดลองพบว่าไคโตซาน (250 มิลลิกรัม/ลิตร) กระตุ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิของพืชในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและสามารถทำลายเซลล์ผ่านกระบวนการออกซิเดชัน (López-Mata et al., 2013) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Golkar et al. (2019) พบว่าการใช้ไคโตซานเติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของแคลลัสดอกคำฝอยสามารถกระตุ้นปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้สูงถึง 52.25 เปอร์เซ็นต์ และงานวิจัยของ Elbouzidi et al. (2024) พบว่าไคโตซานความเข้มข้น 75 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของต้นเจอราเนียมโรส (*Pelargonium graveolens*) กระตุ้นปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้สูงถึง 32.83 ไมโครกรัม/มิลลิกรัม

ไคโตซานเป็นไบโอพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากบทบาทในการเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเกษตรที่มีการประยุกต์ใช้เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและต้านอนุมูลอิสระ ไคโตซานมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยตรง โครงสร้างโมเลกุลของไคโตซานทำให้สามารถจับอนุมูลอิสระได้ผ่านกระบวนการโปรตอนเนชันของหมู่ไนโตรเจน (protonation of nitrogen functional groups) ส่งผลให้ไคโตซานทำหน้าที่เป็นสารกำจัดอนุมูลอิสระ (López-Mata et al., 2013) นอกจากนี้ไคโตซานสามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระ ได้แก่ superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD) และ ascorbate peroxidase (APX) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำจัดอนุมูลอิสระได้แก่ ROS และลดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Yang et al., 2009; Jiao et al., 2024) กลไกนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับพืชที่ต้องเผชิญกับความเครียดจากสิ่งแวดล้อม เนื่องจากช่วยรักษาสมดุลของเซลล์และความคงตัวของเยื่อหุ้มเซลล์ (Cai et al., 2011)

4. ไคโตซานต่อปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์

ไคโตซานกระตุ้นปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้นในฟ้าทะลายโจร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hawrylak-Nowak et al., (2020) พบว่า การฉีดพ่นไคโตซานความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร ในต้นสะระแหน่ส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้พบว่าการใช้ไคโตซานหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ ได้แก่ องุ่น พุทราจีน ราสป์เบอร์รี และเมล่อน สามารถเพิ่มปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Ishkeh et al., 2021; Zhu et al., 2023) กลไกที่เกี่ยวข้องคือไคโตซานกระตุ้นการเกิด ROS และการไหลของไอออนแคลเซียมเข้าสู่ภายในเซลล์พืช รวมถึงการเปิดใช้งาน Mitogen-Activated Protein Kinase (MAPK) ซึ่งทำหน้าที่เป็นทางผ่านของสัญญาณระหว่าง ROS/Ca^{2+}กับการกระตุ้น transcription factors ซึ่งทำหน้าที่เป็นสัญญาณกระตุ้นการแสดงออกของยีนในเส้นทาง phenylpropanoid โดยเฉพาะยีนที่เข้ารหัสเอนไซม์ PAL, cinnamate-4-hydroxylase (C4H), 4-coumarate:coA ligase (4CL) และ chalcone synthase (CHS) (Rahman et al., 2018; Kahromi & Khara, 2021; Park et al., 2019) ส่งผลให้การสังเคราะห์สารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้น

การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในการตอบสนองต่อความเครียดของพืช กระตุ้นการสังเคราะห์สารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) หลายกลุ่ม โดยเฉพาะฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ (Liwanda et al., 2024) เนื่องจากสารเหล่านี้มีหมู่ไฮดรอกซิล (–OH) หลายตำแหน่งที่สามารถจ่ายอิเล็กตรอนเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระได้โดยตรง

5. ไคโตซานต่อปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

ไคโตซานสามารถกระตุ้นการสะสมของแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรได้ โดยพบว่าความเข้มข้นของไคโตซานที่สูงขึ้นมีแนวโน้มส่งเสริมการสังเคราะห์แอนโดรกราโฟไลด์ในระดับที่มากขึ้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sathiyabama et al., (2016) ซึ่งรายงานว่า ไคโตซานความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเพิ่มปริมาณเคอร์คูมินในขมิ้นได้ถึง 56 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อุรศรี สูยะศุนานนท์ และคณะ (2567) ที่พบว่า การพ่นไคโตซานความเข้มข้น 100, 200 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถกระตุ้นการสะสมบาโคไซด์เอในพรมมิ (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.) ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์เพิ่มขึ้นได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ในทำนองเดียวกัน Kahromi & Khara, (2021) รายงานว่าการพ่นไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 และ 400 มิลลิกรัม/ลิตร ในพืชสมุนไพร *Dracocephalum kotschyi* ส่งผลให้ปริมาณกรดโรสมารินิก เควอซิทิน และอะพิจีนินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม อีกทั้ง Allam et al. (2024) พบว่าการแช่เมล็ดด้วยนาโนไคโตซานความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/ลิตร ช่วยเพิ่มการสะสมของอัลคาลอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใน *Pancratium maritimum* ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ไคโตซานเป็นสารกระตุ้นทางชีวภาพ (biotic elicitor) ที่สามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันของพืชได้ เมื่อพืชได้รับไคโตซาน เซลล์พืชจะรับรู้สัญญาณผ่านตัวรับเฉพาะบนเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งนำไปสู่การกระตุ้นกระบวนการส่งสัญญาณภายในเซลล์ เพื่อกระตุ้นการตอบสนองต่อความเครียดของพืช ผลที่เกิดขึ้นคือมีการกระตุ้นเส้นทางการสังเคราะห์สารทุติยภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการป้องกันความเสียหายและเพิ่มศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระของพืช สำหรับกลไกของไคโตซานในการกระตุ้นปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ เมื่อไคโตซานจับกับผนังเซลล์พืชจะมีการรับรู้สัญญาณผ่านตัวรับ (receptor–like proteins) บนเยื่อหุ้มเซลล์ ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุบวก จะจับกับตัวรับที่มีประจุลบ ส่งผลให้เปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ช่องแคลเซียมเปิด เกิดการไหลเข้าของแคลเซียม (Ca^{2+} influx) ซึ่งเป็นสัญญาณเริ่มต้นของการตอบสนองต่อไคโตซาน โดยแคลเซียมจะส่งสัญญาณกระตุ้นเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ NADPH oxidase เอนไซม์นี้จะกระตุ้นให้เกิดการสร้าง ROS จากนั้นจะทำหน้าที่เป็น signaling molecule กระตุ้นการส่งสัญญาณผ่าน MAPK จากนั้นเกิดการถอดรหัส (transcription) ของยีนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกัน ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นหรือการสังเคราะห์ใหม่ (de novo biosynthesis) ของ transcription factors (TFs) ที่ควบคุมการแสดงออกของยีนเกี่ยวข้องกับเมแทบอไลท์ทุติยภูมิของพืช กลไกดังกล่าวจึงส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์สารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มสูงขึ้น (Kahromi & Khara, 2021)

สรุปผล

จากผลการศึกษาพบว่า การพ่นไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์สารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร โดยไคโตซานความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ดีที่สุด ส่งผลให้มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเล็กน้อยและแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกชุดที่ได้รับการพ่นไคโตซาน ขณะเดียวกันไคโตซานทุกความเข้มข้นสามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยรวม รวมถึงกระตุ้นการสะสมของสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าไคโตซาน (250 มิลลิกรัม/ลิตร) มีศักยภาพในการเป็นสารกระตุ้นที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์สารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนเงินวิจัยและอนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นันทนา พันธ์ศิริ, รติยากรณ์ ทำสะอาด, และ ณิชากร ปทุมรังสรรค์. (2562). การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และปริมาณฟีนอลิกรวมจากมะตูม ชะเอมเทศ และอบเชย. ใน*การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย.*

อุรศรี สูยะศุนานนท์, พัทธนันท์ เขียวเขิน, และ เนริสา คุณประทุม. (2567). การพ่นทางใบด้วยไคโตซานกระตุ้นการเจริญ การแตกยอด และสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในพรมมิที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์. *วารสารแก่นเกษตร,* 52(2), 352–363. https://doi.org/10.14456/kaj.2024.24

Acemi, R., & Acemi, A. (2019). Polymerization degree–dependent changes in the effects of *in vitro* chitosan treatments on photosynthetic pigment, protein, and dry matter contents of *Ipomoea purpurea. The EuroBiotech Journal,* 3(4), 197–202. https://doi.org/10.2478/ebtj-2019-0024

Allam, E., El-Darier, S., Ghattass, Z., Fakhry, A., & Elghobashy, R. M. (2024). Application of chitosan nanopriming on plant growth and secondary metabolites of *Pancratium maritimum* L. BMC *Plant Biology,* 24, 466. https://doi.org/10.1186/s12870-024-05148-8

Amerany, F., Meddich, A., Wahbi, S., Porzel, A., Taourirte, M., Rhazi, M., ... & Hause, B. (2020). Foliar application of chitosan increases tomato growth and influences mycorrhization and expression of endochitinase-encoding genes. *International Journal of Molecular Sciences,* 21(2), 535. https://doi.org/10.3390/ijms21020535

Angouti, I., Sahranavard, S., Alirezalu, A., Ghasemnezhad, M., Gharehyazie, B., & Baghbani-Arani, F. (2024). Optimizing antidiabetic properties of *Galega officinalis* extract: Investigating the effects of foliar application of chitosan and salicylic acid. *Food Science & Nutrition.*12, 5844-5857. https://doi.org/10.1002/fsn3.4204

Cai, Z., Kastell, A., Mewis, I., Knorr, D., & Smetanska, I. (2011). Polysaccharide elicitors enhance anthocyanin and phenolic acid accumulation in cell suspension cultures of *Vitis vinifera. Plant Cell,*

Tissue and Organ Culture (PCTOC), 108(3), 401–409. https://doi.org/10.1007/s11240-011-0051-3

Chakraborty, M., Hasanuzzaman, M., Rahman, M., Khan, M. A. R., Bhowmik, P., Mahmud, N. U., Tanveer, M., & Islam, T. (2020). Mechanism of plant growth promotion and disease suppression by chitosan biopolymer. *Agriculture (Switzerland),* 10(12), 1–30. https://doi.org/10.3390/agriculture10120624

Chariya, L., Nopsiri, R., & Wipawee, C. (2015). Efficacy of *Andrographis paniculata* extracts in viral suppression. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine,* 8(4), 291–298. https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2015.03.012

Chen, F., Li, Q., Su, Y., Lei, Y., & Zhang, C. (2023). Chitosan spraying enhances growth, photosynthesis, and resistance of continuous *Pinellia ternata* and promotes its yield and quality. *Molecules,* 28, 2053. https://doi.org/10.3390/molecules28052053

Choudhary, R., Kumaraswamy, R., Kumari, S., Sharma, S., Pal, A., Raliya, R., ... & Saharan, V. (2017). Cu-chitosan nanoparticle boosts defense responses and plant growth in maize (*Zea mays* L.). *Scientific Reports,* 7(1), 9754. https://doi.org/10.1038/s41598-017-08571-0

Elbouzidi, A., Taibi, M., Baraich, A., Haddou, M., Loukili, E. H., Asehraou, A., Mesnard, F., & Addi, M. (2024). Enhancing secondary metabolite production in *Pelargonium graveolens* Hort. cell cultures: Eliciting effects of chitosan and jasmonic acid on bioactive compound production. *Horticulturae,* 10(5), 521. https://doi.org/10.3390/horticulturae10050521

Ghosh, P., Das, P., Mukherjee, R., Banik, S., Karmakar, S., & Chatterjee, S. (2018). Extraction and quantification of pigments from Indian traditional medicinal plants: A comparative study between tree, shrub and herb. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research,* 9(7), 3052-3059. https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9(7).3052-59

Golkar, P., Taghizadeh, M., & Yousefian, Z. (2019). The effects of chitosan and salicylic acid on elicitation of secondary metabolites and antioxidant activity of safflower under *in vitro* salinity stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture,* 137(3), 575–585. https://doi.org/10.1007/s11240-019-01592-9

Hawrylak-Nowak, B., Dresler, S., Rubinowska, K., & Matraszek-Gawron, R. (2020). Eliciting effect of foliar application of chitosan lactate on the phytochemical properties of *Ocimum basilicum* L. and *Melissa officinalis* L. *Food Chemistry,* 342, 128358. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128358

Hernández-Hernández, H., González-Morales, S., Benavides-Mendoza, A., Ortega-Ortíz, H., Cadenas-Pliego, G., & Juárez-Maldonado, A. (2018). Effects of chitosan–PVA and Cu nanoparticles on the growth and antioxidant capacity of tomato under saline stress. *Molecules,* 23(1), 178. https://doi.org/10.3390/molecules23010178

Ishkeh, S., Shirzad, H., Asghari, M., Alirezalu, A., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M. (2021). Effect of chitosan nanoemulsion on enhancing the phytochemical contents, health-promoting components, and shelf life of raspberry *(Rubus sanctus* Schreber). *Applied Sciences,* 11(5), 2224. https://doi.org/10.3390/app11052224

Jiao, Q., Shen, F., Fan, L., Song, Z., Zhang, J., Song, J., ... & Liu, H. (2024). Chitosan regulates the root architecture system, photosynthetic characteristics and antioxidant system contributing to salt tolerance

in maize seedling. *Agriculture,* 14(2), 304. https://doi.org/10.3390/agriculture14020304

Kahromi, S., & Khara, J. (2021). Chitosan stimulates secondary metabolite production and nutrient uptake in medicinal plant *Dracocephalum kotschyi. Journal of the Science of Food and Agriculture,* 101(5), 1854–1861. https://doi.org/10.1002/jsfa.11030

Li, K., Xing, R., Liu, S., & Li, P. (2020). Chitin and chitosan fragments are responsible for plant elicitors and growth stimulators. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 68(44), 12203–12211. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05316

Lima, Y., Almeida, A., Pontes, A., Bonilla, O., & Lucena, E. (2022). Germination performance and vigor of tobacco seeds coated with a chitosan–based bioproduct. *Research, Society and Development,* 11(15), e158111537064. https://doi.org/10.33448/rsd–v11i15.37064

Liwanda, N., Zahra, A., Sudarjat, K. S. A., Mulyati, T., & Nurcholis, W. (2024). Total phenolic content and antioxidant capacity from stems and leaves of *Andrographis paniculata* in different solvent combinations. *Current Applied Science and Technology,* 25(2), e0261033. https://doi.org/10.55003/cast.2024.261033

López–Mata, M., Ruíz-Cruz, S., Silva–Beltrán, N., Ornelas-Paz, J., Zamudio-Flores, P., & Burruel–Ibarra, S. (2013). Physicochemical, antimicrobial and antioxidant properties of chitosan films incorporated with carvacrol. *Molecules,* 18(11), 13735–13753. https://doi.org/10.3390/molecules181113735

Lopez–Moya, F., Suarez–Fernandez, M., & Lopez–Llorca, L. V. (2019). Molecular mechanisms of chitosan interactions with fungi and plants. *International Journal of Molecular Sciences,* 20(2), 332. https://doi.org/10.3390/ijms20020332

Mishra, K., Gupta, R., & Yadav, R. (2007). Variations in andrographolide content in *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees. *Journal of Medicinal Plants Research,* 1(3), 39–45. https://doi.org/10.5897/JMPR.9000135

Moenne, A., & González, A. (2021). Chitosan–, alginate–, and carrageenan–derived oligosaccharides stimulate defense against biotic and abiotic stresses, and growth in plants: A historical perspective. *Carbohydrate Research,* 503, 108298. https://doi.org/10.1016/j.carres.2021.108298

Park, S. Y., Choi, J. H., Lee, S. J., Kim, Y. J., & Park, S. U. (2019). Effect of chitosan on phenylpropanoid biosynthetic gene expression during germination of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,* 83(2), 309–318. https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1521955

Patuhai, A., Wahab, P. E. M., Yusoff, M. M., Dewir, Y. H., Alsughayyir, A., & Hakiman, M. (2023). Plant growth regulator– and elicitor–mediated enhancement of biomass and andrographolide production of shoot tip–culture–derived plantlets of *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall. (Hempedu bumi). *Plants,* 12(16). https://doi.org/10.3390/plants12162953

Qu, J., Liu, Q., You, G., Ye, L., Jin, Y., Kong, L., Guo, W., Xu, Q., & Sun, Y. (2022). Advances in ameliorating inflammatory diseases and cancers by andrographolide: Pharmacokinetics, pharmacodynamics, and perspective. *Medicinal Research Reviews,* 42(3), 1147–1178. https://doi.org/10.1002/med.21873

Rahman, M., Mukta, J. A., Sabir, A. A., Gupta, D. R., Mohi–Ud–Din, M., Hasanuzzaman, M., Miah, M. G.,

Rahman, M., & Islam, M. T. (2018). Chitosan biopolymer promotes yield and stimulates accumulation of antioxidants in strawberry fruit. *PLoS ONE,* 13(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203769

Ren, Y., Yang, H., Zhang, Y., Wang, Y., Wang, J., & Liu, H. (2022). Gene expression analyses reveal mechanisms of inhibited yellowing by applying selenium–chitosan on fresh–cut broccoli. *Foods,* 11(19), 3123.

Roy, A., Saraf, S., & Saraf, S. (2010). Andrographolide: A review of analytical methods. *Journal of Chromatography B,* 878(17–18), 1595–1600. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2010.03.040

Sathiyabama, M., Bernstein, N., & Anusuya, S. (2016). Chitosan elicitation for increased curcumin production and stimulation of defence response in turmeric (*Curcuma longa* L.). *Industrial Crops and Products,* 89, 87–94. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.007

Waewthongrak, W., & Saleh, N. (2020). Effect of chitosan on growth of *Seeda tomato* in vegetative stage. *Thaksin University Journal,* 23(3), 1–9.

Yang, F., Jing–jiang, H., Li, J., Wu, X., & Qian, Y. (2009). Chitosan enhances leaf membrane stability and antioxidant enzyme activities in apple seedlings under drought stress. *Plant Growth Regulation,* 58(2), 131–136. https://doi.org/10.1007/s10725–009–9361–4

Zhang, X., Li, K., Xing, R., Liu, S., Chen, X., Yang, H., ... Li, P. (2018). miRNA and mRNA expression profiles reveal insight into chitosan–mediated regulation of plant growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 66(15), 3810–3822. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b06081

Zhu, Y., Zhang, W., Zhao, Y., Chen, F., Zhu, F., Yang, J., Ge, X., Gong, W., Cui, R., & Sheng, W. (2023). Foliar application of chitosan accelerates wound periderm formation with an intensified deposition of suberin polyphenolic and lignin in the wounds of potato tubers. *Horticulturae,* 9(6), 663. https://doi.org/10.3390/horticulturae9060663

ผลของการใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

Effect of dried *Trichoderma* formulation on growth and yield of sweet corn

ศิริพร อ่ำทอง[1*] เมทินี นาคดี[2] สุริยา บุญทา[2] และ กิตติพันธ์ เพ็ญศรี[1]

Siriporn Amthong[1*], Methinee Nakdee[2], Suriya Boonta[2] and Kittipan Pensri[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน แปลงปลูกพืช วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) มี 4 กรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 ปุ๋ยสูตรทั่วไป (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร กรรมวิธีที่ 3 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร+ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง ผลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานหลังปลูก 50 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร+ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง ข้าวโพดหวานมีความสูงของลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 182.90 เซนติเมตร คุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวานหลังการเก็บเกี่ยว ในส่วนของความยาวของฝัก พบว่ากรรมวิธีที่ 1 การใส่ปุ๋ยทั่วไป (ควบคุม) มีความยาวฝักเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 34.00 เซนติเมตร และมีจำนวนเปลือกข้าวโพดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 15.90 ใบ ความยาวของฝักที่ปอกแล้ว พบว่ากรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร + ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง มีความยาวของฝักที่ปอกเปลือกแล้วเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 19.20 เซนติเมตร มีความยาวฝักที่ติดเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 18.30 เซนติเมตร และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ความหวาน) เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 16.00 องศาบริกซ์

คำสำคัญ: ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา, การผลิตข้าวโพดหวาน, จุลินทรีย์ดิน

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง จังหวัดลำปาง 52000

[1] Agricultural Technology Research Institute Rajamangala University of Technology Lanna Lampang, Lampang 52000

[2] Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang, Lampang 52000

*Corresponding author: amthong56@gmail.com

Abstract

The effect of Dried *Trichoderma* formulation on the growth and yield of sweet corn was investigated in this study. The experiment was designed using a Randomized Completely Block Design (RCBD) consisting of four treatments: a general fertilizer formula (Control); chemical fertilizer according to the Department of Agriculture (DOA) recommendations; a dried *Trichoderma* formulation; and a combination of chemical fertilizer (DOA recommendations) plus the dried *Trichoderma* formulation. Growth results, which were measured 50 days after planting, indicated that the highest average plant height, reaching 182.90 cm, was obtained in Treatment 4 (Chemical fertilizer + Dried *Trichoderma* formulation). For yield quality, which was measured after harvest, the longest average ear length (with husk) at 34.00 centimeters and the highest average number of husk leaves at 15.90 leaves were produced by Treatment 1 (General fertilizer/Control). However, superior results in several key parameters were observed in Treatment 4: the longest average husked ear length at 19.20 cm, the longest average kernel length at 18.30 cm, and the highest average total soluble solids (sweetness) at 16.00 °Brix were recorded in this treatment.

Keywords: *Trichoderma* formulation, Sweet corn production, Soil Microbe

บทนำ

เชื้อราไตรโคเดอร์มา มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและทำลายเชื้อราสาเหตุโรคพืช ทางดินจึงทำให้พืชมีระบบรากที่สมบูรณ์ แข็งแรง หาอาหารได้มากต้นพืชจึงสมบูรณ์ให้ผลผลิตสูง และคุณภาพดี ในภาวะปัจจุบันสภาพดินในแปลงปลูกพืชทั่วไปมีความเสื่อมโทรมลงอย่างมาก เนื่องจากเกษตรกรมีการใช้สารเคมี ปราบศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีอย่างหนัก โดยไม่เคยปรับปรุงบำรุงดิน จึงทำให้ประสบปัญหาเกี่ยวกับพืชแล้วไม่สามารถแก้ไขได้ การใช้สารเคมีจึงเป็นการสิ้นเปลืองและไม่คุ้มค่า นอกจากนั้นยังทำให้เกิดปัญหาหลายประการ การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชร่วมกับการไถกลบปอเทืองเพื่อการบำรุงดิน จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และยังมีความปลอดภัยสูง วิธีการนี้จึงเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่งสำหรับเกษตร การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ในการเกษตรเพื่อการเพาะปลูกพืช ในการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ Phytostimulation และ Biocontrol เป็นทางเลือกที่น่าสนใจและเป็นการลดการใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จุลินทรีย์ที่คัดเลือกมาใช้ในทางการเกษตรมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และถูกนำมาใช้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น จุลินทรีย์ในกลุ่มที่สามารถผลิตฮอร์โมนพืช IAA ที่มีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช กระตุ้นการแบ่งเซลล์ การเจริญและการพัฒนาของพืช โดยเฉพาะที่ปลายราก ในการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสทำให้การลำเลียงและดูดซึมธาตุอาหารเป็นไปได้ดี เชื้อรา *Trichoderma* spp. จัดเป็นเชื้อราชั้นสูงที่เจริญได้ดีในดิน เศษซากพืช ซากสิ่งมีชีวิตรวมทั้งจุลินทรีย์และอินทรียวัตถุตามธรรมชาติ (จิระเดช, 2563) เชื้อราไตรโคเดอร์มาเริ่มรู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมโรคพืชในต่างประเทศตั้งแต่ปี 2475 เนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มาหาง่าย เจริญได้ดีและรวดเร็วบนอาหารหลายชนิด มีคุณสมบัติในการแข่งขันกับเชื้อราสาเหตุโรคพืช (สายทอง, 2555) ศิริพร และคณะ 2567 รายงานว่าผลการวิเคราะห์สมบัติของดินปลูกข้าวโพดหวานในการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกและเชื้อราไตรโคเดอร์มา ช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 4.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มปริมาณโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 143.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 171.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 264.10 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม มีค่าลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยให้การละลายธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่ต้นข้าวโพดนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของการใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแบบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในแปลงทดลองเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปเผยแพร่แก่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวโพหวาน ในพื้นที่จังหวัดลำปาง

วิธีวิทยาการวิจัย

การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ปุ๋ยสูตรทั่วไป (กรรมวิธีควบคุม)**

กรรมวิธีที่ 2 ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร**

กรรมวิธีที่ 3 ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเชื้อแบบแห้ง

กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตรร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง

หมายเหตุ * ทุกกรรมวิธีมีการไถกลบปอเทืองก่อนการปลูกข้าวโพด

** สูตรปุ๋ยงานทดลอง คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร. (2548)

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ไถเตรียมแปลงปลูกเพื่อหว่านเมล็ดปอเทืองในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบ เมื่อปอเทืองเริ่มออกดอกอายุประมาณ 50 วัน ทำการไถกลบปอเทือง หมักดินไว้ประมาณ 15 วัน ก่อนไถย่อยดินเตรียมสำหรับขึ้นแปลงปลูกข้าวโพด เตรียมแปลงปลูกข้าวโพดขนาด 6×4 ตารางเมตร ระยะระหว่างแถว 1.5 เมตร แบ่งเป็นแปลง 4 แปลงหลัก ขนาด 2×4 ตารางเมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยสำหรับทำการทดลอง จำนวน 16 แปลงย่อย ระยะระหว่างแปลงย่อย 1 เมตร ทำการปลูกข้าวโพด ใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร และระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ควบคู่กับใส่ปุ๋ยเคมีรองก้นหลุมก่อนปลูก ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 7 วัน พ่นสารกำจัดวัชพืช อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และกรรมวิธีที่ 3 และ 4 พ่นเชื้อราไตรโคเดอร์มาอัตราเชื้อแห้ง 1 กิโลกรัม/น้ำ 100 ลิตร และใส่ลงดินอัตรา 5 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 20 วัน กำจัดวัชพืชในแปลงทดลองและถอนแยกข้าวโพดที่อ่อนแอออก ใส่ปุ๋ยและพ่นเชื้อพ่นเชื้อราไตรโคเดอร์มาอัตราเชื้อแห้ง 1 กิโลกรัม/น้ำ 100 ลิตร และใส่ลงดินอัตรา 5 กิโลกรัม/ไร่ ในกรรมวิธีที่ 3 และ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมี ครั้งที่ 2 สูตร 16-16-8 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วัน พ่นเชื้อราไตรโคเดอร์มาอัตราเชื้อแห้ง 1 กิโลกรัม/น้ำ 100 ลิตร และใส่ลงดินอัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ และครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-8 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร (ตารางที่ 1)

การเตรียมเชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบเชื้อแห้ง ได้รับการสนับสนุนหัวเชื้อราไตรโตเดอร์มาจาก ห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ทำการขยายหัวเชื้อราไตรโคเดอร์มา บนข้าวหุงแบบกึ่งสุก โดยใช้อัตราข้าว 2 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน เลี้ยงให้เชื้อราสร้างสปอร์สีเขียวบนเมล็ดข้าว เมื่อครบ 7 วัน นำเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสด มาทำการผึ่งในถาดพลาสติกที่สะอาด

โดยใช้ผ้าขาวบางคลุม ผึ่งเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จะได้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้งสำหรับใช้ในการทดลองที่สามารถเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลา 6 เดือน

บันทึกข้อมูล การเจริญเติบโตของต้นข้าวโพด การวัดความสูงของต้นข้าวโพดที่อายุ 20 30 40 และ 50 วันหลังปลูก การเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 75 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างฝักข้าวโพด จำนวน 10 ต้นต่อซ้ำ เพื่อประเมินคุณภาพผลผลิต น้ำหนักสดของฝักข้าวโพดก่อนปอกเปลือก น้ำหนักสดของฝักข้าวโพดหลังปอกเปลือก ความยาวฝักสดของข้าวโพดก่อนปอก ความยาวฝักหลังปอกเปลือก ความยาวของฝักที่ติดเมล็ด จำนวนแถวต่อฝัก ความกว้างฝัก ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95

ตารางที่ 1 การใส่ปุ๋ยเคมีและการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง

	ปุ๋ยเคมี	พ่นเชื้อราไตรโคเดอร์มาและใส่ลงดิน (เชื้อแห้ง)
กรรมวิธีที่ 1	46-0-0 (รองก้นหลุม) 25 กก./ไร่ 16-16-8 15 กก./ไร่ (20 และ 40 วัน)	-
กรรมวิธีที่ 2	46-0-0 (รองก้นหลุม) 25 กก./ไร่ 16-16-8 15 กก./ไร่ (20 และ 40 วัน)	-
กรรมวิธีที่ 3	ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี	1 กก./น้ำ 100 ลิตร (พ่นต้นข้าวโพด) 5 กก./ไร่ (ใส่ลงดิน) (20 และ 40 วัน)
กรรมวิธีที่ 4	46-0-0 (รองก้นหลุม) 25 กก./ไร่ 16-16-8 15 กก./ไร่ (20 และ 40 วัน)	1 กก./น้ำ 100 ลิตร (พ่นต้นข้าวโพด) 5 กก./ไร่ (ใส่ลงดิน) (20 และ 40วัน)

สถานที่ทำการทดลอง

แปลงปลูกพืช สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 202 หมู่ที่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

ผลการศึกษา

1. ผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพดหวานที่อายุ 7 วัน 20 วัน 30 วัน 40 วัน และ 50 วัน

จากการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน มีความสูงของต้นข้าวโพดหวาน หลังปลูกที่อายุ 7 และ 20 วัน การใส่ปุ๋ยทั่วไป ข้าวโพดมีความสูงมากที่สุด คือ 29.50 และ 52.10 เซนติเมตร กรรมวิธีปุ๋ยตามคำแนะนำ กับ ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง ต้นข้าวโพดมีความสูงที่อายุ 30 40 และ 50 วัน สูงที่สุด คือ 85.50,127.70 และ 182.90 เซนติเมตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพดหวานที่อายุ 7 วัน 20 วัน 30 วัน 40 วัน และ 50 วัน

กรรมวิธี	ความสูงของต้นข้าวโพด (เซนติเมตร)				
	7 วัน	20 วัน	30 วัน	40 วัน	50 วัน
ปุ๋ยทั่วไป (กรรมวิธีควบคุม)	29.50a	52.10a	62.50b	97.00b	156.70b
ปุ๋ยตามคำแนะนำ	22.50b	42.50ab	83.30a	114.10ab	164.00ab
ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง	21.80b	39.00b	79.70ab	116.20ab	178.70a
ปุ๋ยตามคำแนะนำร่วมกับไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง	27.0ab	36.60b	85.50a	127.70a	182.90a
F-test	**	*	*	*	**
C.V. (%)	27.27	53.74	26.53	2.45	1.33

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางด้านสถิติ ($P < 0.05$)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางด้านสถิติ ($P \leq 0.01$)

2. ผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อคุณภาพผลผลิต ด้านความยาวฝัก น้ำหนักฝักทั้งเปลือก จำนวนเปลือก น้ำหนักหลังปอกเปลือก และความยาวฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่อายุ 75 วัน

จากการทดลองพบว่า คุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว ด้านความยาวฝัก น้ำหนักฝักทั้งเปลือก จำนวนเปลือก น้ำหนักหลังปอกเปลือก และความยาวฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวาน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ ค่าความยาวฝัก กรรมวิธี 1 และ 4 มีความยาวฝักเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 34.00,32.00 เซนติเมตร และกรรมวิธีที่ 3 มีความยาวฝักเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 29.00 เซนติเมตร น้ำหนักทั้งเปลือก กรรมวิธีที่ 4 และ 1 มีน้ำหนักทั้งเปลือกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 330.20 และ 313.90 กรัม และกรรมวิธีที่ 2 มีน้ำหนักทั้งเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 266.50 กรัม จำนวนเปลือก กรรมวิธีที่ 1 และ 3 มีจำนวนเปลือกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 15.90 และ 15.00 ใบ และกรรมวิธีที่ 2 มีจำนวนเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 11.50 เปลือกน้ำหนักหลังปอก กรรมวิธีที่ 4 และ 1 มีน้ำหนักหลังปอกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 204.80 และ 193.30 กรัม และกรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักหลังปอกเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 157.90 กรัม ความยาวฝักที่ปอกแล้ว กรรมวิธีที่ 4 และ 1 มีความยาวฝักที่ปอกแล้วเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 19.20 และ 18.00 เซนติเมตร และกรรมวิธีที่ 3 มีความยาวฝักที่ปอกแล้วเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 15.30 เซนติเมตร (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อคุณภาพผลผลิต ด้านความยาวฝัก น้ำหนักฝักทั้งเปลือก จำนวนเปลือก น้ำหนักหลังปอกเปลือก และความยาวฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่อายุ 75 วัน

กรรมวิธี	คุณภาพผลผลิตข้าวโพดหวาน				
	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)	น้ำหนักทั้งเปลือก (กรัม/ฝัก)	จำนวนเปลือก (เปลือก)	น้ำหนักฝักหลังปอก (กรัม/ฝัก)	ความยาวฝักที่ปอกแล้ว (เซนติเมตร)
ปุ๋ยทั่วไป (กรรมวิธีควบคุม)	34.00a	313.90	15.90a	193.30	18.00ab
ปุ๋ยตามคำแนะนำ	30.10b	266.50	11.50b	179.70	17.20b
ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง	29.00b	271.10	15.00a	157.90	15.30c
ปุ๋ยตามคำแนะนำร่วมกับไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง	32.00a	330.20	12.00b	204.80	19.20a
F-test	**	ns	**	ns	*
C.V. (%)	14.12	2.61	21.83	2.90	11.60

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางด้านสถิติ ($P < 0.05$)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางด้านสถิติ ($P \leq 0.01$)

3. ผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อคุณภาพผลผลิต ด้านความยาวฝักที่ติดเมล็ด จำนวนแถว ความกว้างฝัก น้ำหนักหลังฝาน และความหวานของข้าวโพดหวานที่อายุ 75 วัน

จากการทดลองพบว่า คุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวด้านความยาวฝักที่ติดเมล็ด จำนวนแถว ความกว้างฝัก น้ำหนักหลังฝาน และความหวานของข้าวโพดหวาน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ ความยาวฝักที่ติดเมล็ด กรรมวิธีที่ 4 และ 1 มีความยาวฝักที่ติดเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 18.30 และ 17.20 เซนติเมตร และกรรมวิธีที่ 3 มีความยาวฝักที่ติดเมล็ดเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 15.00 เซนติเมตร จำนวนแถว กรรมวิธีที่ 4 มีจำนวนแถวเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 16.00 แถว และกรรมวิธีที่ 2 มีจำนวนแถวเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 15.00 แถว ความกว้างฝัก กรรมวิธีที่ 1,4 และ 3 มีความกว้างฝักเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4.82,4.80 และ 4.72 เซนติเมตร และกรรมวิธีที่ 2 มีความกว้างฝักเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 4.69 เซนติเมตร น้ำหนักหลังฝาน กรรมวิธีที่ 4,3 และ 2 มีน้ำหนักหลังฝานเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 114.50,111.30 และ101.90 กรัม และกรรมวิธีที่ 1 มีน้ำหนักหลังฝานเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 88.50 กรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ค่าความหวาน) กรรมวิธีที่ 4 มีความหวานเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 16.00 องศาบริกซ์ และกรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีความหวานเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 14.70 และ 14.70 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อคุณภาพผลผลิต ด้านความยาวฝักที่ติดเมล็ด จำนวนแถว ความกว้างฝัก น้ำหนักหลังฝาน และความหวานของข้าวโพดหวานที่อายุ 75 วัน

กรรมวิธี	คุณภาพผลผลิตข้าวโพดหวาน				
	ความยาวฝักที่ติดเมล็ด (เซนติเมตร)	จำนวนแถว (แถว)	ความกว้างฝัก (เซนติเมตร)	น้ำหนักหลังฝาน (กรัม)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)
ปุ๋ยทั่วไป (กรรมวิธีควบคุม)	17.20a	15.20	4.82	88.50	14.70c
ปุ๋ยตามคำแนะนำ	16.70ab	15.00	4.72	101.90	14.70c
ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง	15.00b	15.90	4.69	111.30	15.30b
ปุ๋ยตามคำแนะนำร่วมกับไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง	18.30a	16.00	4.80	114.50	16.00a
F-test	*	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	11.21	15.20	8.30	3.37	3.16

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางด้านสถิติ ($P < 0.05$)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางด้านสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางที่ 5 แสดงผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้งต่อน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดฝักสด

กรรมวิธี	น้ำหนักผลผลิตข้าวโพด (กิโลกรัม/พื้นที่)
ปุ๋ยทั่วไป (กรรมวิธีควบคุม)	12.56
ปุ๋ยตามคำแนะนำ	9.06
ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง	10.84
ปุ๋ยตามคำแนะนำ+ไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง	13.20
น้ำหนักรวม	45.66

น้ำหนักผลผลิตข้าวโพดฝักสดในพื้นที่ทำการทดลองขนาด 30 ตารางเมตร ผลผลิตข้าวโพดหวานฝักสดมีน้ำหนักรวม 45.66 กิโลกรัม โดยแต่ละกรรมวิธีทดลอง ข้าวโพดหวานมีน้ำหนักน้ำหนักผลผลิตดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ข้าวโพดมีน้ำหนัก 12.56 กิโลกรัม กรรมวิธีที่ 2 ข้าวโพดมีน้ำหนัก 9.06 กิโลกรัม กรรมวิธีที่ 3 ข้าวโพดมีน้ำหนัก 10.84 กิโลกรัม และกรรมวิธีที่ 4 ข้าวโพดมีน้ำหนัก 13.20 กิโลกรัม (ตารางที่ 5)

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานจำนวน 4 กรรมวิธี ประกอบด้วยกรรมวิธี ปุ๋ยทั่วไป (กรรมวิธีควบคุม) ปุ๋ยตามคำแนะนำ (กรมวิชาการเกษตร) เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง และปุ๋ยตามคำแนะนำ+เชื้อราไตรโคเดอร์มาแบบแห้ง พบว่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 50 วัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากที่สุด กรรมวิธีที่การใช้ปุ๋ยปุ๋ยสูตรทั่วไปต้นข้าวโพดมีความสูงน้อยที่สุด การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรร่วมกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์แบบแห้งใส่ต้นข้าวโพดหวาน ช่วยให้ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากที่สุด ซึ่งพบว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มามีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในส่วนคุณภาพผลผลิตพบว่า การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรร่วมกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์แบบแห้งใส่ต้นข้าวโพดหวาน ส่งผลให้ความยาวฝักของต้นข้าวโพดหวานทั้งเปลือกและความยาวของฝักที่ปอกเปลือกแล้วมีความยาวมากที่สุด รวมไปถึงการเพิ่มความยาวฝักที่ติดเมล็ด และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด Li et al. (2025) รายงานว่า การใช้ *Trichoderma* (สายพันธุ์ Tv–1511) ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพด เพิ่มความสูงของลำต้น ความหนาของใบ และเพิ่มผลผลิต ในส่วนของความยาวเมล็ด ความกว้างเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ด Yuliansyah el al. (2024) รายงานว่าการใช้ *Trichoderma* ร่วมกับปุ๋ยเคมี ที่มีการทำงานร่วมกันระหว่างปุ๋ยเคมีกับ *Trichoderma* ที่ส่งผลการเจริญเติบโตและน้ำหนักสดของฝักข้าวโพด

เชื้อราไตรโคเดอร์มามีคุณสมบัติในการส่งเสริมและช่วยพัฒนาให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ของพืชโดยปรับเปลี่ยนธาตุอาหารให้อยู่ในรูปแบบที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินและเร่งการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินทำให้พืชได้รับสารอาหารที่มากขึ้น Huda et al. (2025) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ *Trichoderma* สายพันธุ์ TH01 ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัส ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้สูงขึ้น ซึ่งกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาลงในดินปลูกข้าวโพดช่วยให้ข้าวโพดหวานมีผลผลิตที่น้ำหนักผลที่เพิ่มมากขึ้น Tarek et al. (2024) รายงานว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมถึง *T. harzianum* ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตรา 50% ของปริมาณปกติ สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดได้เท่ากับกรรมวิธีการควบคุมที่ใส่ปุ๋ย 100% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ *Trichoderma* ลดการใช้ปุ๋ยเคมี

ลงได้ Shetty et al. (2025) กลไกการทำงานของเชื้อรา *Trichoderma* ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น การแข่งขัน การผลิตสารปฏิชีวนะ และการผลิตเอนไซม์ (cellulases, chitinase) ที่ช่วยให้พืชได้รับสารอาหารได้ดีขึ้น ซึ่งเชื้อราไตรโคเดอร์มามีคุณสมบัติในการควบคุมโรคพืชแล้ว อีกประการหนึ่งเชื้อราไตรโคเดอร์มามีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ที่ครอบคลุมทั้งการเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งความมีเสถียรภาพของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตยังมีความผันแปรค่อนข้างสูง เนื่องจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหลายด้านที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช และความสามารถของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ซึ่งในการทดลองพบว่าผลผลิตข้าวโพดหวานเฉลี่ยต่อไร่อยู่ที่ 2,517.33 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการปลูกข้าวโพดหวานในประเทศไทยพันธุ์ข้าวโพดที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอ มีการเกิดโรคพืช รวมไปถึงสภาพแวดล้อมที่ปลูกข้าวโพดไม่เหมาะสม การขาดธาตุอาหาร สภาพดินขาดน้ำ ซึ่งความไม่เสถียรของผลผลิตข้าวโพดดังกล่าวมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องของสภาพแวดล้อมที่ปลูกซึ่งเป็นผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน ประกอบไปด้วย พื้นที่ปลูก ฤดูกาล สภาพอากาศ อัตราการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา และความเข้มข้นของเชื้อ ซึ่งสภาวะที่ข้าวโพดกำลังเจริญเติบโต มีความเหมาะสม การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาอาจไม่มีความแตกต่างของการเจริญเติบโต แต่การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น สภาพแห้งแล้ง ขาดน้ำ การนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้เป็นการเพิ่มโอกาสที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ จิระเดช, (2563) Puspita et al. (2024) รายงานว่า การใช้ *T. harzianum* โดยการคลุกเมล็ดก่อนปลูกช่วยเพิ่มความทนทานต่อความเครียดจากน้ำ และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของลำต้นและรากของข้าวโพดภายใต้สภาวะขาดน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณงานมูลฐานตามพันธกิจของหน่วยรับงบประมาณ (Fundamental Fund; FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เอกสารอ้างอิง

จิระเดช แจ่มสว่าง. (2563). หนังสือ ไตรโคเดอร์มา เชื้อราปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืช. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. 566 น.

ศิริพร อ่ำทอง เมทินี นาคดี และกิตติพันธ์ เพ็ญศรี. 2567. การจัดการดินที่เหมาะสมร่วมกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน. วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม 8(2), 70– 82.

สายทอง แก้วฉาย. (2555). การใช้ไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคพืช. Princess of Naradhiwas University Journal. 4(3), 108–123.

Huda, S., Zuchri, N. A., & Yusti, D. (2025). EFFECT OF *TRICHODERMA* BIOFERTILIZERS AND PHOSPHORUS SOURCES ON GROWTH, PHENOLOGY, AND YIELD OF MAIZE. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/395615125_EFFECT_OF_TRICHODERMA_BIOFERTILIZERS_AND_PHOSPHORUS_SOURCES_ON_GROWTH_PHENOLOGY_AND_YIELD_OF_MAIZE

Li, C., & Zhang, Y. B. (2025). Effect of *Trichoderma* on the Growth, Maturity, and Yield of Corn in the Heilongjiang Province. *Atlantis Press*. https://www.atlantis-press.com/article/126011698.pdf

Puspita, E., Subekti, N., & Listina, R. (2024). Effect of *Trichoderma harzianum* on Growth of Corn under Water Stress Condition. *International Journal of Plant & Soil Science*, *36*(1), 1–7. https://journalijpss.com/index.php/IJPSS/article/view/4874

Shetty, G. P., Meghana, A., Shetty, M. G., & Niranjan, H. G. (2025). An insightful review on the impact of *Trichoderma* species as potent biocontrol agents for enhancing crop resilience. *International Journal of Advanced Biochemistry Research, 9*(4), 377–390. https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i4e.4123

Tarek, A. R. E., Sabry, T. F., & El-Khadrawy, S. E. (2024). Biological Strategies to Minimize Fertilizer Use in Maize: Efficacy of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis*. *Microbiology Research*, *15*(3), 856–870. https://doaj.org/article/97f283bf5a9147eab9e7ae5c74a5e367

Yuliansyah, I., Tondok, S., Sudaryanto, T., & Lestari, Y. A. (2024). Effect of NPK Phonska Plus and *Trichoderma* Fertilizer Dosage on the Growth and Yield of Sweet Corn (*Zea Mays Saccharata Sturt*). *Agrosci*, *3*(2), 79–87. https://annpublisher.org/ojs/index.php/agrosci/article/download/385/382/1906

ผลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของกล้วยตานี

The effect of planting space on the growth and quality of Kluai Tani

รุ่งนภา ช่างเจรจา[1*] หงส์ชัย พงษ์ขาว[1] กุลธิดา วงศ์ประสิทธิ์[1] ศิริพร อ่ำทอง[1] และ สันติ ช่างเจรจา[1]

Rungnapa Changjeraja[1*], Hongchai Pongkaw[1], Kunthida Wongprasit[1], Siriporn Amthong[1] and Sunti Changjeraja[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระยะปลูกที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของกล้วยตานี การทดลองดำเนินการระหว่างเดือนมกราคม ถึงกันยายน 2568 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ ระยะปลูก 1×1, 2×2, 3×3 และ 4×4 เมตร แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่าระยะปลูกมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยตานี โดยระยะปลูก 2×2 เมตร ให้ค่าการเจริญเติบโตด้านความสูงและเส้นรอบวงลำต้นสูงที่สุด รวมทั้งมีจำนวนใบเฉลี่ยและค่าความเขียวใบสูงสุด ขณะที่ระยะปลูก 1×1 เมตร ให้ค่าน้ำหนักใบเฉลี่ยต่อไร่สูงที่สุด (2,401 กิโลกรัมต่อไร่)

คำสำคัญ: กล้วยตานี, ระยะปลูก, การเจริญเติบโต, คุณภาพใบ

Abstract

The study on the effect of different planting spaces on the growth and quality of Kluai Tani was conducted from October 2024 to September 2025 at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments planting spaces of 1×1, 2×2, 3×3, and 4×4 m and 4 replications. The results showed that planting space had a significant influence on the growth of Kluai Tani. The 2×2 m spacing produced the greatest plant height and pseudostem circumference, as well as the highest average number of leaves and leaf greenness. The 1×1 m spacing resulted in the highest average leaf weight per rai (2,401 kg/rai).

Keywords: Kluai Tani, planting space, growth, leaf quality,

[1] สถาบันวิจัยและเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

[1] Agricultural Technology Research Institute Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 52000

* Corresponding author: changjeraja@hotmail.com

บทนำ

กล้วยตานี *(Musa balbisiana* Colla) ชื่ออื่น ๆ กล้วยป่า กล้วยพองลา กล้วยตานีใน กล้วยชะนีใน กล้วยเมล็ด กล้วยงู ลำต้นเทียมสูง 3.5–4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร สีเขียว ไม่มีปื้นดำ กาบลำต้นด้านในสีเขียว ก้านใบสีเขียว เส้นกลางใบสีเขียวไม่มีร่องผลลักษณะมีเมล็ดจำนวนมาก ใบตองกล้วยตานีเป็นใบตองที่มีคุณภาพดี เป็นที่นิยมสำหรับห่ออาหาร ใช้ตกแต่งภาชนะใส่อาหาร ทำกระทง บายศรีในงานมงคล หรือบุญประเพณีต่างๆ เนื่องจากใบตองกล้วยตานีมีลักษณะใบที่กว้าง เหนียว ทนทาน สีเขียวสดน่าใช้ ไม่เหี่ยวหรือแตกง่าย สามารถเก็บไว้ได้นาน เป็นวัสดุที่ย่อยสลายง่ายไม่ทำลายสภาพแวดล้อม จึงเป็นที่นิยมใช้ทั้งในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศซึ่งมีการใช้ประโยชน์มากในธุรกิจอาหาร ร้านอาหารไทยในต่างประเทศที่รัฐบาลให้การสนับสนุน นอกจากนั้น มีการใช้ใบตองในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนาของชาวฮินดูและพุทธในต่างแดนสูงเช่นกัน ใบตองจึงนับเป็นอีกหนึ่งผลิตผลของการเกษตรไทย ที่ควรได้รับการสนับสนุนเพื่อการส่งออกเป็นอย่างยิ่ง ในจังหวัดสุโขทัย กล้วยตานีเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของอำเภอสวรรคโลก มีพื้นที่ปลูกประมาณ 8,000 กว่าไร่ มีมูลค่าการผลิตต่อปีกว่า 128 ล้านบาท โดยมีตลาดใหญ่ในกรุงเทพฯ รองรับ ได้แก่ ตลาดไท ตลาดสี่มุมเมือง ตลาดสี่แยกมหานาค ตลาดผดุงเกษม และยังมีบางส่วนที่ส่งขายยังต่างประเทศ ส่วนตลาดในภูมิภาคอื่นๆนั้น จังหวัดขอนแก่นเป็นตลาดที่ใหญ่ที่สุด นอกจากความต้องการใช้ในประเทศแล้ว ในตลาดต่างประเทศก็ยังมีความต้องการใช้ใบตองในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการส่งออกเพิ่มขึ้น ซึ่งตลาดใหญ่ในต่างประเทศได้แก่ อเมริกา ญี่ปุ่น ฮอลแลนด์ สิงคโปร์ ฮ่องกง ยุโรป ในปริมาณ เฉลี่ยสัปดาห์ละไม่ต่ำกว่า 6 ตัน โดยนำไปใช้ในการประกอบอาหารและด้านความงาม (พัชรินทร์ และคณะ, 2557) กล้วยตานีที่พบในประเทศไทยมี 3 ชนิด แตกต่างที่ลำต้นเทียมและผล กล่าวคือกล้วยตานีพบทางภาคเหนือนั้นลำต้นเทียมเกลี้ยงไม่มีปื้นดำเลย ผลจะสั้น ป้อม ส่วนตานีอีสานจะมีลำต้นเทียมที่มีประดำเล็กน้อย ผลคล้ายกล้วยน้ำว้าแต่ตานีทางภาคใต้ ลำต้นเทียมค่อนข้างจะมีปื้นดำหนา ผลคล้ายตานีเหนือแต่หนากว่าและมีสีเขียวเป็นเงา นอกจากนี้ยังได้มีการนำตานีดำมาจากฟิลิปปินส์แต่ตานีดำนี้เป็นพันธุ์พื้นเมืองของอินโดนีเซีย ลำต้นเทียมสีม่วงดำและเส้นกลางใบสีม่วงดำ สีเข้มมากจนดูเหมือนสีดำ ผลสีเขียวเข้มเป็นมันมีลักษณะคล้ายตานีใต้ มีเมล็ดมาก ใบตองกล้วยตานี (กรมวิชาการเกษตร, 2558) ปัญหาสำคัญในการผลิตกล้วยตานี คือ ผลผลิตใบตองออกสู่ตลาดไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะ ขาดแคลนใบตองในฤดูแล้ง ปัญหาใบตองแตก ต้นที่สูงใหญ่หักง่ายเนื่องจากลมพายุ ทำให้ผลผลิตไม่มีคุณภาพ เกษตรกรสูญเสียรายได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของใบกล้วยตานี

วิธีการศึกษา

ทดลองระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนกันยายน 2568 โดยเลือกหน่อที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ในช่วง 100 – 150 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ กรรมวิธีที่ 1 ระยะปลูก 1x1 เมตร, กรรมวิธีที่ 2 ระยะปลูก 2x2 เมตร, กรรมวิธีที่ 3 ระยะปลูก 3x3 เมตร และกรรมวิธีที่ 4 ระยะปลูก 4x4 เมตร โดยในช่วงการเจริญทางกิ่งใบมีการควบคุมปัจจัยการผลิตด้านต่างๆ เหมือนกันทุกต้น บันทึกผลทุก 30 วัน เป็นเวลา 150 วัน ในด้านอัตราการเจริญเติบโตทางลำต้น ได้แก่ ความสูงของลำต้นเทียม (กาบใบจากโคนต้นถึงปลายยอด), ขนาดลำต้นเทียม (วัดที่ความสูงลำต้น 20 เซนติเมตร), ความยาวก้านใบ, จำนวนใบ (นับใบที่คลี่เต็มที่), ความยาวใบ, ความกว้างใบ, ความเขียวใบ และน้ำหนักใบ

ผลการศึกษา

จากการทดลองศึกษาผลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้วยตานี มี 4 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ควบคุมสภาพแวดล้อมของต้นกล้วย โดยในช่วงการเจริญทางกิ่งใบมีการควบคุมปัจจัยการผลิตด้านต่าง ๆ เหมือนกันทุกต้น พบว่า ระยะปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตของความสูงหน่อกล้วย ที่อายุ 60, 90 และ 120 วัน พบว่าความสูงของหน่อกล้วยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงแรกของการเจริญเติบโตหน่อกล้วยยังอยู่ในระยะตั้งตัว การตอบสนองต่อระยะปลูกจึงยังไม่ชัดเจน เมื่อครบ 150 วันหลังปลูก พบว่าระยะปลูกมีผลต่อความสูงของหน่อกล้วยตานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหน่อกล้วยที่ปลูกในระยะ 2x2 เมตร และ 4x4 เมตร มีความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 95.68 และ 84.81 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือระยะปลูก 1x1 เมตร ที่มีความสูงเฉลี่ย 75.07 เซนติเมตร ส่วนระยะปลูก 3x3 เมตร ให้ความสูงต่ำที่สุดคือ 49.56 เซนติเมตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตด้านความสูง(ซม.) ของกล้วยตานีที่เพิ่มขึ้นหลังปลูกในระยะที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตด้านความสูง (ซม.)			
	หลังปลูก 60 วัน	หลังปลูก 90 วัน	หลังปลูก 120 วัน	หลังปลูก 150 วัน
ระยะปลูก 1x1 เมตร	12.98±5.19	37.59±5.42	61.21±7.76	75.07ab±8.69
ระยะปลูก 2x2 เมตร	14.37±10.56	46.63±15.31	75.12±16.27	95.68a±18.13
ระยะปลูก 3x3 เมตร	6.63±4.58	25.11±14.20	42.27±15.68	49.56b±20.93
ระยะปลูก 4x4 เมตร	15.27±11.17	38.61±23.40	74.57±31.88	84.81a±31.11
F	0.86^{ns}	1.25^{ns}	2.40^{ns}	3.43^{*}
P–Value	0.49	0.34	0.12	0.05
CV. (%)	68.46	43.03	31.47	27.89

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)

การศึกษาผลของระยะปลูกที่มีต่อจำนวนใบของกล้วยตานี พบว่า จำนวนใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นกล้วยในทุกระยะปลูก แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยหลังปลูก 60 วัน กล้วยตานีในระยะปลูก 1x1 เมตร และ 2x2 เมตร มีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากันคือ 3.63 ใบ ขณะที่ระยะ 3x3 เมตร และ 4x4 เมตร มีจำนวน 2.63 และ 2.13 ใบ ตามลำดับ เมื่อถึงระยะหลังปลูก 90 วัน จำนวนใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 7.19 ใบ ในระยะ 1x1 เมตร และ 7.63 ใบ ในระยะ 2x2 เมตร ระยะ 3x3 เมตร และ 4x4 เมตร มีจำนวนใบ 6.56 และ 6.75 ใบ ตามลำดับ หลังปลูก 120 วัน ในระยะ 2x2 เมตร มีจำนวนใบเฉลี่ย 11.56 ใบ ระยะ 1x1 เมตร 11.13 ใบ 3x3 เมตร 9.75 ใบ และ 4x4 เมตร 10.13 ใบ และหลังปลูก 150 วัน ในระยะ 1x1 เมตร, 2x2 เมตร, 3x3 เมตร และ 4x4 เมตร มีจำนวนใบเฉลี่ย 16.00, 17.44, 13.88 และ 16.06 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนใบ(ใบ) ของกล้วยตานีเมื่อปลูกในระยะที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	จำนวนใบ (ใบ)			
	หลังปลูก 60 วัน	หลังปลูก 90 วัน	หลังปลูก 120 วัน	หลังปลูก 150 วัน
ระยะปลูก 1x1 เมตร	3.63±0.43	7.19±1.16	11.13±1.01	16.00±0.89
ระยะปลูก 2x2 เมตร	3.63±1.66	7.63±2.17	11.56±2.15	17.44±2.05
ระยะปลูก 3x3 เมตร	2.63±0.66	6.56±2.18	9.75±2.51	13.88±3.65
ระยะปลูก 4x4 เมตร	2.13±1.36	6.75±3.18	10.13±3.32	16.06±3.35
F-test$_{1/}$	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	38.19	32.56	22.52	17.16

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

ความกว้างใบของกล้วยตานี พบว่า ระยะปลูกไม่มีผลต่อความกว้างใบ ในช่วง 150 วันหลังปลูก โดยในช่วง 60 วันหลังปลูก มีความกว้างใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.65 – 27.71 ซม. 90 วันหลังปลูก มีความกว้างใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.41 – 32.58 ซม. ในช่วง 120 วันหลังปลูก มีความกว้างใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 32.17 – 44.70 ซม. และหลังปลูก 150 วัน มีความกว้างใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 40.40 – 53.49 ซม. (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความกว้างใบ(ซม.) ของกล้วยตานีเมื่อปลูกในระยะที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความกว้างใบ (ซม.)			
	หลังปลูก 60 วัน	หลังปลูก 90 วัน	หลังปลูก 120 วัน	หลังปลูก 150 วัน
ระยะปลูก 1x1 เมตร	22.46±1.76	29.10±3.53	36.84±3.86	48.44±3.50
ระยะปลูก 2x2 เมตร	27.71±4.16	32.58±5.93	44.70±8.31	53.25±8.19
ระยะปลูก 3x3 เมตร	19.65±6.71	27.41±5.64	32.17±10.28	40.40±9.54
ระยะปลูก 4x4 เมตร	23.34±1.43	31.98±9.49	40.24±11.50	53.49±7.55
F-test$_{1/}$	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	17.63	21.51	23.31	15.41

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

ความยาวใบของกล้วยตานี พบว่า ระยะปลูกไม่มีผลต่อความยาวใบ ในช่วง 150 วันหลังปลูก โดยในช่วง 60 วันหลังปลูก มีความยาวใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 43.06 – 48.81 ซม. 90 วันหลังปลูก มีความยาวใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 54.62 – 61.13 ซม. ในช่วง 120 วันหลังปลูก มีความยาวใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 59.70 – 75.45 ซม. และหลังปลูก 150 วัน มีความยาวใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 77.83 – 106.00 ซม. (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความยาวใบ(ซม.) ของกล้วยตานีเมื่อปลูกในระยะที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความยาวใบ (ซม.)			
	หลังปลูก 60 วัน	หลังปลูก 90 วัน	หลังปลูก 120 วัน	หลังปลูก 150 วัน
ระยะปลูก 1x1 เมตร	43.06±5.50	54.62±6.14	63.84±8.97	94.49±7.88
ระยะปลูก 2x2 เมตร	48.56±6.01	61.13±12.65	75.45±14.04	106.00±15.40
ระยะปลูก 3x3 เมตร	48.81±7.08	54.15±10.16	59.70±14.91	77.83±19.97
ระยะปลูก 4x4 เมตร	47.91±4.19	60.91±14.53	75.23±20.47	107.85±24.87
F-test$_{1/}$	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	12.29	19.61	22.11	18.79

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

ความยาวก้านใบของกล้วยตานี พบว่า ระยะปลูกไม่มีผลต่อความยาวก้านใบ ในช่วง 150 วันหลังปลูก โดยในช่วง 60 วันหลังปลูก มีความยาวก้านใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.13 – 10.25 ซม. 90 วันหลังปลูก มีความยาวก้านใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.68 – 13.97 ซม. ในช่วง 120 วันหลังปลูก มีความยาวก้านใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14.66 – 19.40 ซม. และหลังปลูก 150 วัน มีความยาวก้านใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17.68 – 24.35 ซม. (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความยาวก้านใบ(ซม.) ของกล้วยตานีเมื่อปลูกในระยะที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความยาวก้านใบ (ซม.)			
	หลังปลูก 60 วัน	หลังปลูก 90 วัน	หลังปลูก 120 วัน	หลังปลูก 150 วัน
ระยะปลูก 1x1 เมตร	9.66±1.08	11.59±1.28	18.14±2.57	24.19±3.82
ระยะปลูก 2x2 เมตร	10.25±2.87	13.97±2.64	19.40±2.85	24.35±3.91
ระยะปลูก 3x3 เมตร	7.13±1.02	9.68±2.86	14.66±2.95	17.68±2.53
ระยะปลูก 4x4 เมตร	8.00±1.40	13.09±2.98	17.75±4.94	24.03±5.47
F-test$_{1/}$	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	20.12	20.98	19.16	18.04

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

ความเขียวใบของกล้วยตานี พบว่า ระยะปลูกไม่มีผลต่อความเขียวใบ ในช่วง 120 วันหลังปลูก โดยในช่วง 60 วันหลังปลูก มีความเขียวใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.44 – 35.13 SPAD unit. 90 วันหลังปลูก มีความเขียวใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 33.08 – 39.32 SPAD unit. ในช่วง 120 วันหลังปลูก มีความเขียวใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 42.53 – 46.75SPAD unit. และระยะหลังปลูก 150 วัน พบว่า กล้วยที่ปลูกในระยะ 2x2 เมตร มีค่าความเขียวใบเฉลี่ยสูงที่สุด 49.83 SPAD unit. รองลงมาคือระยะ 1x1 เมตร 43.76 SPAD unit. และ 4x4 เมตร 42.73 SPAD unit. ส่วนระยะ 3x3 เมตร มีค่าต่ำที่สุด 33.98 SPAD unit. มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (ตารางที่ 6)

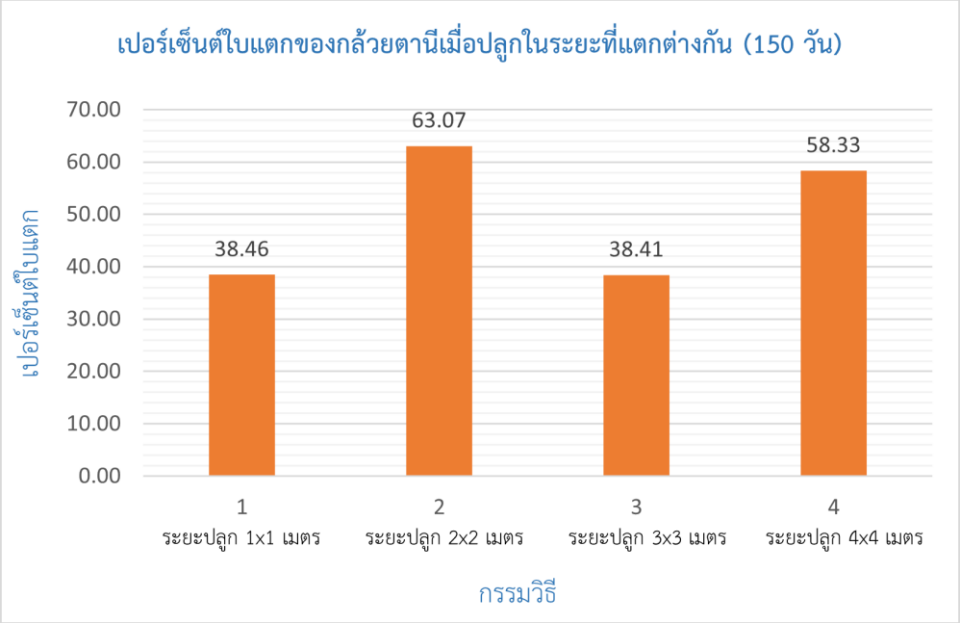
ตารางที่ 6 ความเขียวใบ(SPAD unit.) ของกล้วยตานีเมื่อปลูกในระยะที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความเขียวใบ (SPAD unit.)			
	หลังปลูก 60 วัน	หลังปลูก 90 วัน	หลังปลูก 120 วัน	หลังปลูก 150 วัน
ระยะปลูก 1x1 เมตร	35.13±3.27	34.26±2.61	46.43±0.79	43.76±7.41ab
ระยะปลูก 2x2 เมตร	34.22±6.54	36.27±3.47	42.53±3.44	49.83±2.68a
ระยะปลูก 3x3 เมตร	28.44±2.39	33.08±2.68	42.94±4.43	33.98±2.51c
ระยะปลูก 4x4 เมตร	30.48±3.38	39.32±5.90	46.75±1.49	42.73±1.34b
F-test$_{1/}$	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	13.10	10.92	6.56	9.84

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

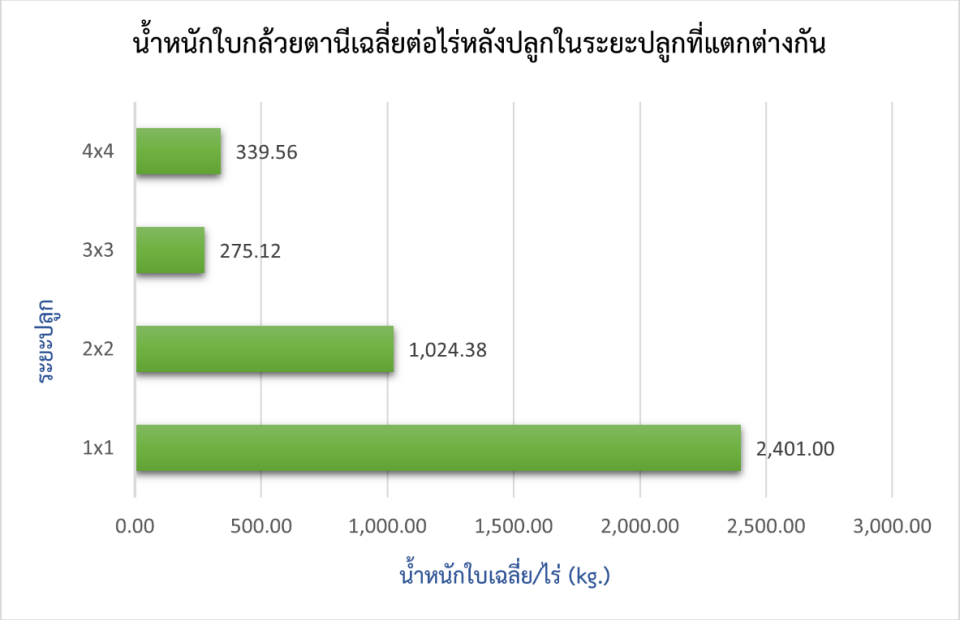
** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01)

การศึกษาผลของระยะปลูกที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ใบแตกของกล้วยตานี เมื่อปลูกในระยะที่แตกต่างกันหลังปลูก 150 วัน พบว่า ระยะปลูก 2x2 เมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ใบแตกแนวโน้มสูงที่สุด 63.07% รองลงมาคือระยะ 4x4 เมตร 58.33% ส่วนระยะ 1x1 เมตร 38.46% และระยะ 3x3 เมตร 38.41% เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์คุณภาพใบ พบว่า เปอร์เซ็นต์ใบแตกที่สูงแสดงถึงการเสื่อมคุณภาพของใบ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตโดยรวม ดังนั้น การปลูกกล้วยตานีในระยะ 1x1 เมตร และ 3x3 เมตร จึงมีแนวโน้มให้ใบที่สมบูรณ์กว่าระยะ 2x2 เมตร และ 4x4 เมตร ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ใบแตกสูงกว่า (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์ใบแตกของกล้วยตานีเมื่อปลูกในระยะที่แตกต่างกัน

การศึกษาผลของระยะปลูกที่มีต่อน้ำหนักใบเฉลี่ยต่อไร่ของกล้วยตานี พบว่า การปลูกกล้วยตานีในระยะปลูกที่แตกต่างกันส่งผลต่อน้ำหนักใบเฉลี่ยต่อไร่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยระยะปลูก 1×1 เมตรให้ค่าน้ำหนักใบเฉลี่ยต่อไร่สูงที่สุด 2,401 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือระยะ 2×2 เมตร 1,024.38 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ระยะปลูก 4×4 เมตร และ 3×3 เมตรมีน้ำหนักใบเฉลี่ยต่ำกว่าอย่างมาก คือ 339.56 และ 275.12 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่า การปลูกที่มีความหนาแน่นมากขึ้น เช่น ระยะ 1×1 เมตร ส่งผลให้จำนวนต้นต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อการสะสมมวลใบต่อไร่สูงที่สุด แม้ในระดับต้นหนึ่งต้นอาจไม่ได้ให้ใบที่มีน้ำหนักมากกว่าระยะอื่น แต่เนื่องจากความหนาแน่นของต้นที่มากขึ้นจึงทำให้ปริมาณผลผลิตใบต่อไร่รวมสูงที่สุด ขณะที่ระยะปลูก 3×3 เมตร และ 4×4 เมตร มีจำนวนต้นต่อพื้นที่น้อย ส่งผลให้น้ำหนักใบเฉลี่ยต่อไร่ต่ำกว่า (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 น้ำหนักใบกล้วยตานีเฉลี่ยต่อไร่เมื่อปลูกในระยะที่แตกต่างกัน

สรุปผล

ระยะ 2×2 เมตร เป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตในเชิงสรีรวิทยา ทั้งในด้านความสูง เส้นรอบวง จำนวนใบ และค่าความเขียวของใบ ขณะที่ระยะ 1×1 เมตร แม้จะให้ผลผลิตใบเฉลี่ยต่อไร่สูงสุดเนื่องจากความหนาแน่นของต้น แต่มีขนาดใบเล็กกว่าระยะอื่น จึงอาจกระทบต่อคุณภาพใบ ในทางกลับกัน ระยะ 3×3 และ 4×4 เมตร แม้จะให้คุณภาพใบสมบูรณ์กว่า แต่ให้ผลผลิตต่ำกว่า

อธิปรายผล

ผลการทดลองตลอดระยะเวลา 150 วัน แสดงให้เห็นว่าหน่อกล้วยที่ปลูกในระยะ 4×4 เมตร มีค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและเส้นรอบวงของลำต้นสูงที่สุดในช่วง 120 วัน สอดคล้องกับงานของ Sopchoke *et al.*, (2019) ที่รายงานว่าการปลูกกล้วยในระยะที่กว้างขึ้นช่วยลดการแข่งขันด้านแสงและธาตุอาหาร ส่งผลให้ลำต้นเจริญได้ดีกว่า ขณะที่ในด้านจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ และความยาวก้านใบ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างแต่ละระยะปลูก อย่างไรก็ตาม หน่อกล้วยที่ปลูกในระยะ 2×2 เมตร มีแนวโน้มให้ค่าความกว้างและความยาวใบสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระยะปลูกอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Agehara *et al.*, (2021) ที่ระบุว่าความหนาแน่นของ

การปลูกมีผลต่อความสามารถในการสังเคราะห์แสงและคุณภาพของใบโดยตรง สำหรับคุณภาพของใบ พบว่าความเขียวใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยระยะปลูก 2x2 เมตร ให้ค่าความเขียวใบสูงสุด ซึ่งสะท้อนถึงคุณภาพใบที่ดีกว่าระยะปลูกอื่น การปลูกกล้วยตานีในระยะ 2x2 เมตร ถือว่าเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตใบ ขณะเดียวกัน ระยะปลูก 4x4 เมตร มีความเหมาะสมสำหรับการส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้น ดังนั้น การเลือกใช้ระยะปลูกจึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการผลิต หากเน้นผลิตใบเพื่อการค้า ควรเลือกใช้ระยะปลูก 2x2 เมตร แต่หากเน้นการเจริญเติบโตของต้นเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านอื่น หรืออาจเลือกใช้ระยะปลูกที่กว้างขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณงานมูลฐานตามพันธกิจของหน่วยรับงบประมาณ (Fundamental Fund; FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้สนับสนุนและอนุเคราะห์ด้านเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2558). การพัฒนาการผลิตกล้วยตานีอย่างมีคุณภาพ (ปี 2555–2558). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

พาณิชย์, ส. (2542). การปลูกและจัดการกล้วยตานีเพื่อผลิตใบตอง. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

พัชรินทร์ สุทธิวิจิตร, และคณะ. (2557). การเพิ่มมูลค่าใบตองและการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม. วารสารเกษตร, 30(2), 55–63.

Agehara, S., Nakamura, H., & Yamada, T. (2021). Influence of planting density on photosynthetic efficiency and leaf quality in banana plants. Plant Production Science, 24(2), 145–154.

Sopchoke, S., Tanthong, P., & Chaiyaporn, R. (2019). Effect of planting distance on growth and yield of banana (Musa spp.) under tropical conditions. Journal of Tropical Agriculture, 57(3), 210–218.

รูปแบบการสืบพันธุ์ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ (*Anoectochilus burmannicus* Rolfe)

The Breeding System of Jewel Orchid (*Anoectochilus burmannicus* Rolfe)

กนกอร ศรีม่วง[1*] และ อติพงษ์ กีรติกรกุล[2]

Kanok-orn Srimuang[1*] and Atipong Keeratikornkul[2]

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบการผสมเกสรและระบบสืบพันธุ์ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ (*Anoectochilus burmannicus* Rolfe) ในพื้นที่ป่าธรรมชาติบ้านปงไคร้ ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ในปี 2558 ได้ดำเนินการโดยแบ่งรูปแบบการทดลองออกเป็น 4 แบบ ได้แก่ (1) การปล่อยไว้ตามธรรมชาติ (2) การป้องกันไม่ให้แมลงเข้ามาผสมเกสร (3) การผสมเกสรข้ามต้นด้วยมือ และ (4) การผสมเกสรตัวเองด้วยมือ ผลการทดลองพบว่า ทั้งการผสมเกสรข้ามต้นด้วยมือและการผสมเกสรตัวเองด้วยมือให้ผลการติดฝักในอัตราร้อยละ 100 ขณะที่การป้องกันแมลงผสมเกสรไม่พบการติดฝัก (อัตราร้อยละ 0) ส่วนการปล่อยไว้ตามธรรมชาติพบการติดฝักในอัตราต่ำ เพียงร้อยละ 13.33 เท่านั้น จากผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่ากล้วยไม้นกคุ้มไฟมีระบบสืบพันธุ์แบบ Mixed breeding system ซึ่งหมายถึงพืชที่สามารถเกิดการผสมตัวเอง (autogamy) และการผสมข้ามต้น (allogamy) ได้ การที่กล้วยไม้นกคุ้มไฟสามารถติดฝักได้ในสภาพธรรมชาติโดยไม่มีการป้องกันแมลง แสดงให้เห็นว่า แมลงมีบทบาทสำคัญในการถ่ายละอองเกสรของกล้วยไม้ชนิดนี้ และเป็นปัจจัยสำคัญในการคงอยู่ของกระบวนการสืบพันธุ์ในระบบนิเวศธรรมชาติ

คำสำคัญ: ระบบสืบพันธุ์, การผสมเกสร, กล้วยไม้นกคุ้มไฟ

[1] ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ 50180

[1] Sufficiency Economy Learning Center, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

[2] Queen Sirikit Botanic Garden, Chiang Mai 50180

*Corresponding author: kanokorn.sr@up.ac.th

Abstract

A study on the pollination patterns and breeding system of Jewel Orchid (*Anoectochilus burmannicus* Rolfe) was conducted in a natural forest area Ban Pong Khrai, Pong Yaeng Subdistrict, Mae Rim District, Chiang Mai Province, in the year 2015. Four experimental treatments were established: (1) natural conditions without manipulation, (2) exclusion of pollinators, (3) hand cross-pollination, and (4) hand self-pollination. The results revealed that both hand cross-pollination and hand self-pollination produced a 100 % fruit set, while the exclusion of pollinators resulted in no fruit formation (0 %). Under natural conditions, the fruit set was relatively low, at only 13.33 % . These findings indicate that *A. burmannicus* Rolfe exhibits a mixed breeding system, in which both self-pollination (autogamy) and cross-pollination (allogamy) can occur. Furthermore, the occurrence of fruit set under natural conditions, where pollinators were not excluded, suggests that insects play a crucial role as pollination agents in this orchid species and are essential for maintaining their reproductive success in natural ecosystems.

Keywords: Breeding system, Pollination, *Anoectochilus burmannicus* Rolfe

บทนำ

กล้วยไม้ (Orchidaceae) เป็นวงศ์พืชที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงที่สุดวงศ์หนึ่งของพืชดอก มีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางตั้งแต่เขตอบอุ่นจนถึงเขตร้อน โครงสร้างของดอกกล้วยไม้มีความซับซ้อนและมีการปรับตัวอย่างละเอียดอ่อน เพื่อให้เกิดกระบวนการผสมเกสรอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการดำรงเผ่าพันธุ์และการสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชในกลุ่มนี้ กล้วยไม้แต่ละชนิดมีความสัมพันธ์เฉพาะกับพาหะผสมเกสร เช่น ผึ้ง ผีเสื้อ ผีเสื้อกลางคืน หรือแมลงวัน เป็นต้น ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการร่วมกัน (coevolution) ระหว่างพืชและสัตว์ นอกจากนี้ กล้วยไม้ยังแสดงวิธีการผสมเกสรที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการผสมข้ามโดยพาหะ เช่น ลม น้ำ การผสมตัวเอง หรือการผสมแบบหลอกลวง ซึ่งล้วนสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวและความซับซ้อนทางนิเวศวิทยาของพืชวงศ์นี้ (Dressler, 1993; van der Pijl & Dodson, 1966; Arditti, 1992)

กล้วยไม้นกคุ้มไฟ (*Anoectochilus burmannicus* Rolfe) เป็นกล้วยไม้ดินในวงศ์ Orchidaceae ที่พบมากในเขตป่าชื้นของประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณที่มีร่มเงาและความชื้นสูง พืชชนิดนี้มีลักษณะใบสวยงามเป็นเส้นลายสีทองหรือสีเงิน จึงได้รับความนิยมในการเพาะเลี้ยงและอนุรักษ์ กล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ เป็นหนึ่งในสมาชิกสกุล *Anoectochilus* sp. จากทั้งหมด 6 ชนิดที่พบในประเทศไทย มีขนาดเล็กและเจริญเติบโตใน ป่าดิบเขา ซึ่งมีแสงส่องถึงเพียงเล็กน้อย มักพบตามริมลำธาร บนดินร่วนปนทรายที่มีเศษซากพืชและกิ่งไม้ทับถมจำนวนมาก และบางครั้งพบตามซอกหินที่มีเศษซากพืชทับถม ในระดับความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไปจากระดับน้ำทะเล (อบฉันท์, 2549) ลักษณะทางสัณฐานของกล้วยไม้ชนิดนี้นี้คือ ลำต้นทอดเลื้อยตามพื้นดิน ใบเป็นรูปรีแกมไข่ สีม่วงคล้ำมีลวดลายร่างแหสีแดง มีลักษณะ อวบน้ำและค่อนข้างบอบบาง กล้วยไม้นกคุ้มไฟออกดอกในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน โดยในช่วงออกดอกยังคงมีใบอยู่ จัดอยู่ในกลุ่ม Jewel orchids หรือที่เรียกว่า กล้วยไม้อัญมณี (สลิล, 2551)

ในประเทศไทยพบกล้วยไม้นกคุ้มไฟกระจายตัวอยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ตาก เลย และกาญจนบุรี (สลิล, 2558; Santisuk & Larsen, 2011) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบการผสมเกสรของกล้วยไม้นกคุ้มไฟในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด งานศึกษาส่วนใหญ่ที่มีอยู่มุ่งเน้นในด้านการเจริญเติบโตและปัจจัยสิ่งแวดล้อม (พีราดา และคณะ, 2562) มากกว่าการศึกษากลไกการผสมเกสรโดยตรง ทั้งนี้ จากลักษณะทางสัณฐานของดอกและ

ข้อมูลเปรียบเทียบกับกล้วยไม้ในสกุลใกล้เคียง อาจสันนิษฐานได้ว่ากล้วยไม้นกคุ้มไฟมีการผสมเกสรแบบอาศัยแมลง (entomophilous pollination) ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการผสมเกสรของกล้วยไม้ส่วนใหญ่ (van der Pijl & Dodson, 1966; Dressler, 1993) ขณะเดียวกัน การผสมตัวเอง (autogamy) ก็อาจเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ที่มีแมลงพาหะผสมเกสรจำกัด ซึ่งเป็นกลไกที่พบทั่วไปในกล้วยไม้ดินบางชนิด (Arditti, 1992) การศึกษากระบวนการผสมเกสรของกล้วยไม้นกคุ้มไฟจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งเพื่อความเข้าใจในวิวัฒนาการของกล้วยไม้ดิน และเพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พันธุกรรมของกล้วยไม้หายากในระบบนิเวศป่าชื้นของประเทศไทย (Pridgeon, 1999)

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ เพื่อวิเคราะห์และทำความเข้าใจรูปแบบการสืบพันธุ์ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ โดยมุ่งเน้นไปที่กระบวนการผสมเกสร ทั้งการผสมข้ามโดยแมลงและการผสมตัวเอง เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกลไกการสืบพันธุ์ของพืชชนิดนี้ เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการอนุรักษ์พันธุกรรม และการพัฒนาแนวทางการเพาะเลี้ยงเชิงอนุรักษ์ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟในระบบนิเวศตามธรรมชาติของประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษารูปแบบการสืบพันธุ์ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ (*A. burmannicus* Rolfe)
2. เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผสมเกสร ทั้งการผสมข้ามโดยแมลงและการผสมตัวเอง

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

กล้วยไม้นกคุ้มไฟ เป็นกล้วยไม้ดินที่พบในป่าชื้นของประเทศไทย แม้ว่าข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการผสมเกสรยังมีจำกัด แต่จากความรู้ทั่วไปของกล้วยไม้ดิน สามารถสันนิษฐานได้ว่ากล้วยไม้นกคุ้มไฟมีรูปแบบการสืบพันธุ์หลัก 2 กลไก คือ การผสมข้ามโดยแมลงขนาดเล็ก (Cross-pollination / Entomophily) เช่น ผึ้ง หรือแมลงวัน อาจทำหน้าที่นำพาละอองเรณูไปยังดอกอื่น การผสมข้ามช่วยเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม การผสมตัวเอง (Self-pollination / Autogamy) อาจเกิดขึ้นเมื่อมีสภาพแวดล้อมจำกัด เพื่อให้พืชสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ได้ เป็นกลไกทางวิวัฒนาการเสริมในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผสมข้าม ตัวแปรในการศึกษานี้ประกอบด้วย ตัวแปรต้น คือ กล้วยไม้นกคุ้มไฟในธรรมชาติ โดยพิจารณาจำนวนดอกและช่วงฤดูกาลออกดอก และ ตัวแปรตาม คือ รูปแบบการสืบพันธุ์ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ ซึ่งได้แก่ การผสมข้ามโดยแมลงและการผสมตัวเอง

วิธีวิทยาการวิจัย

กำหนดพื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่ป่าบ้านปงไคร้ ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ทำการเก็บข้อมูลตลอดฤดูกาลออกดอกของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ (ตุลาคม-พฤศจิกายน) แบ่งรูปแบบการทดลองออกเป็น 4 แบบ ได้แก่ (1) การปล่อยไว้ตามธรรมชาติ (2) การป้องกันไม่ให้แมลงเข้ามาผสมเกสร (3) การผสมเกสรข้ามต้นด้วยมือ และ (4) การผสมเกสรตัวเองด้วยมือ จำนวนการทดลองละ 3 ต้น ประกอบไปด้วย การปล่อยไว้ตามธรรมชาติ จำนวนดอกทั้งสิ้น 30 ดอก การป้องกันไม่ให้แมลงเข้ามาผสมเกสรจำนวนดอกทั้งสิ้น 17 ดอก การผสมเกสรข้ามต้นด้วยมือจำนวนดอกทั้งสิ้น 15 ดอก การผสมเกสรตัวเองด้วยมือจำนวนดอกทั้งสิ้น 12 ดอก (ดังภาพที่ 1) จากนั้นสังเกตุการติดผลที่ระยะเวลาอย่างน้อย 4 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์เชิงสถิติ เช่น เปอร์เซ็นต์ของฝักที่ได้จากแต่ละการทดลองนำมาสรุปผลเพื่อประเมินรูปแบบการสืบพันธุ์



(ก) ลักษณะช่อดอก (ข) ลักษณะการคลุมช่อดอก

รูปที่ 1 ลักษณะช่อดอกกล้วยไม้นกคุ้มไฟในธรรมชาติและขณะทำการทดลอง

ผลการศึกษา

จากการทดลองศึกษารูปแบบการผสมเกสรของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ (*Anoectochilus burmannicus* Rolfe) โดยได้ทำการแบ่งออกเป็น 4 วิธีการ ได้แก่ การปล่อยตามธรรมชาติ การป้องกันไม่ให้แมลงเข้าผสมเกสร การผสมเกสรข้ามต้นด้วยมือ และการผสมเกสรตัวเองด้วยมือ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การผสมเกสรข้ามต้นด้วยมือและการผสมเกสรตัวเองด้วยมือให้การติดฝักในอัตราร้อยละ 100 แตกต่างจากรูปแบบการผสมเกสรรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่การป้องกันแมลงผสมเกสรไม่มีการติดฝักเลย ในขณะที่การปล่อยดอกไว้ตามธรรมชาติพบว่ามีอัตราการติดฝักอยู่ที่ 13.33 % ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการติดฝักตามรูปแบบการผสมเกสรของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ

รูปแบบการผสมเกสร	จำนวนต้น	จำนวนดอก	จำนวนฝัก	การติดฝัก* (%)
การปล่อยไว้ตามธรรมชาติ	3	30	4	13.33^{b}
การป้องกันแมลงเข้ามาผสมเกสร	3	17	0	0.00^{a}
การผสมเกสรข้ามต้นด้วยมือ	3	15	15	100^{c}
การผสมเกสรตัวเองด้วยมือ	3	12	12	100^{c}

***หมายเหตุ** ตัวอักษรในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษารูปแบบการผสมเกสรของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ พบว่า พืชชนิดนี้มีความสามารถในการสืบพันธุ์ทั้งแบบผสมข้ามโดยแมลง และ ผสมตัวเอง แต่ความสำเร็จแตกต่างกันตามรูปแบบการผสมเกสร การปล่อยดอกตามธรรมชาติมีอัตราการติดฝักอยู่ที่ 13.33% แสดงให้เห็นว่าการผสมข้ามตามธรรมชาติเกิดขึ้นได้ แต่ความสำเร็จค่อนข้างต่ำ สาเหตุอาจมาจากจำนวนหรือความถี่ของแมลงผสมเกสรที่จำกัด หรือสภาพแวดล้อมบางปัจจัยที่ไม่เอื้อต่อการเข้าถึงดอก (Dressler, 1993; van der Pijl & Dodson, 1966) ในขณะที่การป้องกันไม่ให้แมลงเข้าผสมเกสร ผลคืออัตราการติดฝักเท่ากับ 0% แสดงให้เห็นว่าการผสมตัวเองตามธรรมชาติแทบไม่เกิดขึ้น กล้วยไม้นกคุ้มไฟจึงพึ่งพาแมลงผสมเกสรเป็นกลไกหลัก ทางด้านการผสมเกสรด้วยมือ ทั้งแบบข้ามต้นและตัวเองมีอัตราการติดฝัก 100% แสดงให้เห็นว่าดอกมีศักยภาพเต็มที่ในการสืบพันธุ์ (Arditti, 1992) ตามรายงานของ Zhang et al. (2018) ที่อ้างถึง Arditti (1992) ถึงลักษณะการเจริญเติบโตของกล้วยไม้หลายชนิด และการศึกษาโดย Ackerman (2023) ที่พบว่า 88 % ของสายพันธุ์กล้วยไม้ที่สำรวจมี self-compatibility (สามารถผสมตัวเองได้) สอดคล้องกับการศึกษาของวุฒิชัย ฤทธิ และคณะ (2564) ที่ศึกษาระบบการผสมพันธุ์ของกล้วยไม้นางกรายในพื้นที่ป่าธรรมชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี วิทยาเขตโป่งสลอด และป่าชุมชนบ้านโป่งสลอด อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี พบว่าการผสมเกสรข้ามต้น การผสมเกสรในดอกเดียวกัน การผสมเกสรตามธรรมชาติ การผสมตัวเองตามธรรมชาติและการติดฝักโดยที่ไม่ได้รับการปฏิสนธิ มีอัตราการติดฝัก 100% 100% 23.52% 0% และ 0% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม รูปแบบการผสมเกสรทั้งแบบภายในต้นเดียวกัน (self-pollination) และแบบข้ามต้น (cross-pollination) อาจมีอัตราความสำเร็จในการติดฝักแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของกล้วยไม้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่กล้วยไม้เจริญเติบโต ได้แก่ ความเข้มของแสง ความชื้น และอุณหภูมิ รวมทั้งปัจจัยทางพันธุกรรมของกล้วยไม้แต่ละชนิด ซึ่งเป็นตัวกำหนดความสามารถในการผสมเกสรในดอกเดียวกัน (Cheng et al., 2009; Liu et al., 2006; Liu et al., 2013)

นอกจากนี้ ความสำเร็จของการถ่ายละอองเกสรยังขึ้นอยู่กับ ความถี่ของการเข้าถึงดอกโดยแมลงผสมเกสร การทำลายของโรคและศัตรูพืช และปัจจัยอื่น ๆ ในสภาพธรรมชาติที่อาจจำกัดการผสมเกสร เช่น การกระจายของแมลงผสมเกสรและความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับการออกดอกและดึงดูดแมลง การเข้าใจปัจจัยเหล่านี้จึงสำคัญต่อการศึกษารูปแบบการผสมเกสรและความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของกล้วยไม้ในธรรมชาติ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า กล้วยไม้นกคุ้มไฟมีรูปแบบการสืบพันธุ์หลักเป็นผสมข้ามโดยอาศัยแมลงช่วยผสมเกสร เนื่องจากไม่สามารถติดฝักได้หากใช้ตาข่ายคลุมช่อดอกเพื่อป้องกันแมลงเข้าผสมเกสร นอกจากนี้ยังพบว่าการติดฝักในธรรมชาติต่ำสะท้อนถึง จำนวนแมลงผสมเกสรมีน้อย ข้อมูลดังกล่าวมีคุณค่าในการวางแผน อนุรักษ์พันธุกรรม และการพัฒนากลยุทธ์ การเพาะเลี้ยงเชิงอนุรักษ์ ของกล้วยไม้นกคุ้มไฟ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมและความสัมพันธ์ของแมลงผสมเกสรและกล้วยไม้ในอนาคต (Pridgeon, 1999; พีราดา และคณะ, 2562)

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อการทำงานในพื้นที่ป่าธรรมชาติ และขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา รวมถึงบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Ackerman JD. (2023). Beyond the various contrivances by which orchids are pollinated: Global patterns in orchid pollination biology. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 202(3), 295–322.

Arditti J. (1992). **Fundamentals of orchid biology**. John Wiley & Sons.

Cheng J, Shi J, Shangguan F–Z, Dafni A, Deng Z–H, & Luo Y–B. (2009). The pollination of a self– incompatible, food–mimic orchid *Coelogyne fimbriata* (Orchidaceae) by female Vespula wasps. **Annals of Botany**, 104(3), 565–571.

Dressler RL. (1993). Phylogeny and classification of the orchid family. Cambridge University Press.

van der Pijl L, & Dodson CH. (1966). **Orchid flowers: Their pollination and evolution**. University of Miami Press.

Liu K–W, Liu Z–J, Huang L–Q, Li L–Q, & Chen L–J. (2006). Pollination: Self–fertilization strategy in an orchid. **Nature**, 441(7096), 945–946.

Liu Z–J, Chen L–J, Liu K–W, Li L–Q, Rao W–H, Zhang Y–T, & Huang L.–Q. (2013). Adding perches for cross–pollination ensures the reproduction of a self–incompatible orchid. **PLoS ONE**, 8(1), e53695.

Pridgeon AM. (Ed.). (1999). **Genera Orchidacearum**: Volumes 1–6. Oxford University Press.

Santisuk T & Larsen K (2011). **Thailand's orchids**. Portland, OR: Timber Press.

Zhang S, Yang Y, Li J, Qin J, Zhang W, Huang W, & Hu H. (2018). Physiological diversity of orchids. **Plant Diversity**, 40(4), 196–208.

พีราดา แก้วทองประคำ ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และอดิศักดิ์ การพึ่งตน (2562). ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดินนกคุ้มไฟ หมู่บ้านปงไคร้ ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารวิจัยราชมงคลสุวรรณภูมิ**, (1)11: 181–196.

สลิล สิทธิสัจธรรม. (2551). Jewel orchids: กล้วยไม้อัญมณีในประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์พฤกษศาสตร์**, 7(2), 15–27.

สลิล สิทธิสัจธรรม. (2558). **กล้วยไม้ป่าดิบเขาในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สวนพฤกษศาสตร์.

วุฒิชัย ฤทธิ บุญสนอง ช่วยแก้ว วิชาญ แฟงเมือง กฤติมา โชติมิตร และสกาวเดือน บุญเหลือ. (2564). ระบบการผสมพันธุ์และการติดฝักของกล้วยไม้ดินนางกราย (*Habenaria lindleyana* Steud.). **PBRU Science Journal**, 18(1), 12–21.

อบฉันท์ ไทยทอง. (2549). กล้วยไม้เมืองไทย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาในบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยทะเล จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

Temporal variations in Phytoplankton community composition and water quality in coastal shellfish farming areas of Chonburi Province, Thailand

ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา[1*] ธนพล ไชยพิพัฒนขจร[1] และ เบญจวรรณ คชเสนี[1]

Patrawut Thaipichitburapa[1*], Thanapon Chaipiputnakhajorn[1] and Benjawan Khotchasanee[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบชนิดและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชตามฤดูกาลในพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยทะเล จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม 2566 ถึงสิงหาคม 2567 โดยเก็บตัวอย่างน้ำจาก 15 สถานีและวิเคราะห์คุณภาพน้ำสำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม pH ออกซิเจนละลายน้ำ และสารอาหารอนินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยความเค็มสูงสุดในฤดูแล้ง (31–34 psu) ลดต่ำสุดในฤดูฝน (11.5 psu) ขณะที่คลอโรฟิลล์–เอมีค่าสูงสุดในช่วงต้นฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์) สะท้อนความผันแปรของปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนพืชที่พบประกอบด้วย 3 Division 6 Class และ 68 Genus โดยกลุ่มไดอะตอม (Bacillariophyceae) และไดโนแฟลเจลเลต (Dinophyceae) มีความหนาแน่นและการกระจายตัวแตกต่างกันตามฤดูกาล และพบแพลงก์ตอนชนิดที่อาจก่อให้เกิดพิษ ได้แก่ เช่น Peridinium sp., Prorocentrum sp., Protoperidinium sp., Gymnodinium sp. และ Tripos sp. จำนวนชนิดและดัชนีความหลากหลายมีแนวโน้มสูงในฤดูแล้งและลดลงในฤดูฝน ความสัมพันธ์เชิงสถิติระบุว่าคลอโรฟิลล์–เอสัมพันธ์บวกกับฟอสเฟตและสัมพันธ์ลบกับซิลิเกต ไดอะตอมสัมพันธ์ลบกับซิลิเกต ส่วนไดโนแฟลเจลเลตสัมพันธ์บวกกับฟอสเฟตและไนเตรท ข้อมูลเหล่านี้สะท้อนความไวของแพลงก์ตอนพืชต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมและฤดูกาล ผลการศึกษาชี้ว่าการติดตามคุณภาพน้ำและองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะชนิดที่มีศักยภาพก่อพิษ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเฝ้าระวังและบริหารจัดการพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยทะเลให้ยั่งยืน

คำสำคัญ: องค์ประกอบชนิด, แพลงก์ตอนพืช,แหล่งเลี้ยงหอยทะเล,ชลบุรี

[1] ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

[1] Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131

*Corresponding author : patrawut@buu.ac.th

Abstract

This study examined seasonal variations in phytoplankton species composition and diversity in coastal bivalve aquaculture areas of Chonburi Province, Thailand, from December 2023 to August 2024. Water samples were collected from 15 stations, and temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, and inorganic nutrients were analyzed. Clear seasonal variability was observed, with salinity highest during the dry season (31–34 psu) and lowest during the rainy season (11.5 psu). Chlorophyll-a peaked in the early dry season (February), indicating seasonal fluctuations in phytoplankton biomass. A total of 3 divisions, 6 classes, and 68 genera were identified, dominated by diatoms (Bacillariophyceae) and dinoflagellates (Dinophyceae), which showed distinct seasonal patterns in abundance and distribution. Several potentially harmful taxa were recorded, including Peridinium sp., Prorocentrum sp., Protoperidinium sp., Gymnodinium sp., and Tripos sp. Species richness and diversity indices were higher in the dry season and declined during the rainy season. Chlorophyll-a was positively correlated with phosphate and negatively correlated with silicate. Diatoms showed a negative relationship with silicate, whereas dinoflagellates were positively correlated with phosphate and nitrate. These results highlight the sensitivity of phytoplankton communities to seasonal environmental variability in tropical coastal aquaculture systems.

Keywords: Species composition, Phytoplankton, Shellfish farming areas, Chonburi

บทนำ

แพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นที่มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศชายฝั่งและทะเล เนื่องจากมีส่วนในการควบคุมวัฏจักรสารอาหาร ผลิตออกซิเจน และเป็นฐานอาหารให้แก่สิ่งมีชีวิตระดับสูงกว่า การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชสะท้อนการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม สารอาหาร แสง รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่ชายฝั่ง (Jahan & Singh, 2023) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ส่งผลต่อความสมดุลของระบบนิเวศ และอาจทำให้เกิดสภาวะน้ำเปลี่ยนสีหรือการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่อาจเป็นอันตราย (Harmful Algal Blooms: HABs) ซึ่งมีความถี่ของการเกิดเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ของอ่าวไทย (Dai et al., 2023) สำหรับจังหวัดชลบุรีเป็นหนึ่งในพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะด้านการเพาะเลี้ยงหอยทะเล ซึ่งถือเป็นอุตสาหกรรมหลักด้านการประมงของภาคตะวันออกของประเทศ ทั้งนี้จากข้อมูลสถิติฟาร์มเลี้ยงหอยทะเลประจำปี 2565 พบว่า จังหวัดชลบุรีมี ฟาร์มเพาะเลี้ยงหอยรวม 230 ฟาร์ม พื้นที่เพาะเลี้ยงรวม 2,910.86 ไร่ ประกอบด้วยหอยแครง 1,505.60 ไร่ หอยแมลงภู่ 765.55 ไร่ และหอยนางรม 639.71 ไร่ มีผลผลิตรวม 3,265.84 ตัน และสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงถึง 84,337,700 บาท (DOF, 2023) ตัวเลขดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญเชิงเศรษฐกิจและความจำเป็นที่ต้องมีการการจัดการและเฝ้าระวังด้านคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่เลี้ยงหอยเพื่อคงความสามารถในการผลิตอย่างยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม พื้นที่ชายฝั่งชลบุรียังคงมีความเสี่ยงสูงจากเหตุการณ์การสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ฟาร์มหอย และการท่องเที่ยว จากรายงานของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ปี 2565 พบเหตุการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี จำนวน 5 ครั้ง กระจายตามจุดสำคัญ ได้แก่ หาดบางแสน แหลมแท่น สะพานท่าเทียบเรือพลี เขาสามมุข (แนวนอกชายฝั่ง) และอ่างศิลา (แปลงหอย) โดยชนิดแพลงก์ตอนพืช ที่พบประกอบด้วย *Noctiluca scintillans*, *Karenia* sp. และ *Scrippsiella* sp. ซึ่งเป็นกลุ่มไดโนแฟลเจลเลต โดยบางชนิดเคยมีรายงานความเป็นพิษหรือมีศักยภาพส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์น้ำและมนุษย์ (Leong et al., 2015) เหตุการณ์ดังกล่าวไม่เพียงสะท้อนสภาพ

ความผันผวนของระบบนิเวศชายฝั่ง แต่ยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการสะสมสารพิษในหอยสองฝาและการหยุดชะงักของกิจกรรมเพาะเลี้ยงในพื้นที่

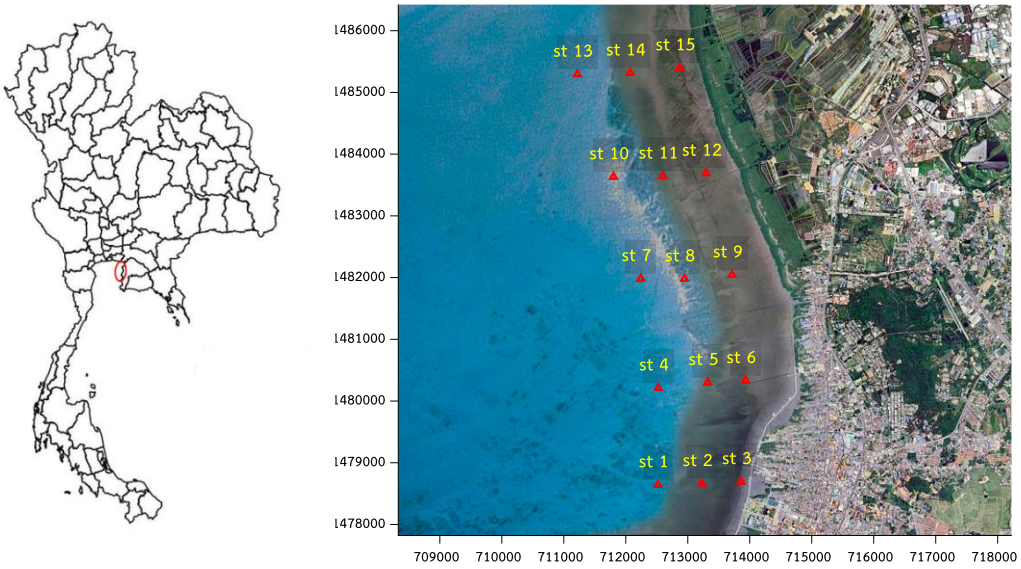
ถึงแม้จะมีการรายงานสภาพน้ำทะเลเปลี่ยนสีและข้อมูลแพลงก์ตอนพืชบางส่วน แต่ ข้อมูลเชิงลึกด้าน “พลวัตตามเวลา (temporal variation)” ขององค์ประกอบชุมชนแพลงก์ตอนพืชโดยเฉพาะในแหล่งเพาะเลี้ยงหอยทะเลของจังหวัดชลบุรียังคงมีจำกัด และขาดการติดตามเปลี่ยนแปลงในระยะยาว ช่องว่างข้อมูลเหล่านี้เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการจัดการความเสี่ยงและวางแผนรับมือด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืชตามช่วงเวลาในพื้นที่เลี้ยงหอยทะเลจังหวัดชลบุรี โดยเน้นการสำรวจองค์ประกอบชนิด การกระจายตัว และความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชควบคู่กับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างชุมชนแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยคุณภาพน้ำสำคัญ ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการเฝ้าระวังเหตุการณ์สะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะชนิดที่มีศักยภาพก่อให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์น้ำและการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ และยังเป็นข้อมูลเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยทะเลของจังหวัดชลบุรีอย่างยั่งยืนในระยะยาว

วิธีวิทยาการวิจัย

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร และเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช บริเวณพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ใกล้พื้นที่เพาะเลี้ยงหอยทะเล จำนวน 15 สถานี (ภาพที่ 1)ในช่วงเดือนธันวาคม 2566 กุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน และสิงหาคม 2567



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงสถานีเก็บตัวอย่างในการศึกษาองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืช ในบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงหอยทะเล จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

โดยการศึกษาคุณภาพน้ำในภาคสนามจะทำการตรวจวัดความเค็ม (Salinity; Sal.), อุณหภูมิ (Temperature; Temp) และออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ด้วยเครื่องวัดภาคสนาม Multiparameter YSI Model 2030 ส่วนค่าความเป็นกรดด่าง (pH) วัดด้วย pH meter (Horiba รุ่น PH110) หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำด้วยกระบอกเก็บน้ำที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำ จำนวน 3 ซ้ำตามเกณฑ์มาตรฐานของ PCD (2006) เพื่อนำไปวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและคลอโรฟิลล์ ในห้องปฏิบัติการตามวิธีการที่ระบุในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและคลอโรฟิลล์ เอ

Water Quality Parameter	Analytical Method
Ammonia (NH_3-N)	Phenol-hypochloride (Grasshoff *et al*., 1999)
Nitrite (NO_2^--N)	Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Nitrate (NO_3^--N)	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Phosphate (PO_4^{3-}-P)	Ascorbic acid (Strickland & Parsons, 1972)
Silicate (SiO_4^{4-}-Si)	Silicomolypdate (Strickland & Parsons, 1972)
Chlorophyll *a* (Chl *a*)	Spectrophotometric (Strickland & Parsons, 1972)

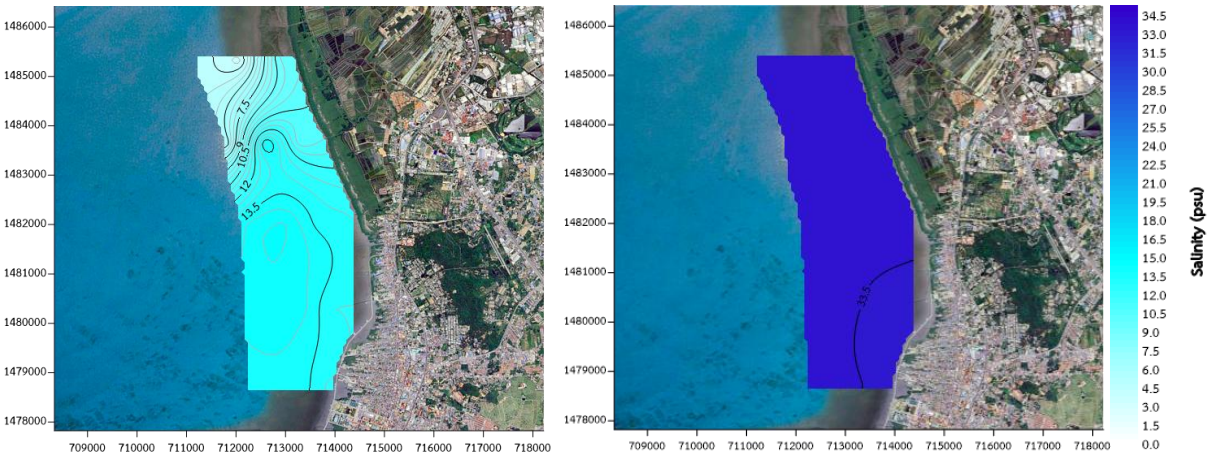
ในส่วนของการศึกษาแพลงก์ตอนพืชจะทำการเก็บน้ำปริมาตร 20 ลิตรและกรองผ่านถุงกรองขนาด 20 ไมโครเมตร ก่อนเก็บในขวดตัวอย่างพร้อมรักษาสภาพด้วยฟอร์มาลีน 4% ตัวอย่างถูกนำมาวิเคราะห์และจำแนกชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ตามวิธี Wongrat (1999) สำหรับการประเมินปริมาณแพลงก์ตอนพืช ใช้วิธี Sedgewick–Rafter Counting Chamber ขนาดความจุ 1 มิลลิเมตร (Wongrat & Boonyapiwat, 2003) ข้อมูลที่ได้ถูกใช้ในการคำนวณดัชนีความหลากหลาย Shannon–Wiener (H′) และดัชนีความสม่ำเสมอ Pielou's evenness (J′) เพื่อประเมินความหลากหลายชนิดและความสม่ำเสมอของชุมชนแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสถานีและช่วงเวลา (Hurlber, 1971) สำหรับข้อมูลทั้งหมดที่ได้จะนำมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสถานีและช่วงเวลาโดยใช้ One–way ANOVA พร้อมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชด้วย Pearson's correlation การวิเคราะห์ทั้งหมดดำเนินการด้วยโปรแกรม Minitab Statistical Software เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและชุมชนแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ศึกษา

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี จาก 15 สถานี (ตารางที่ 2) ในเดือนธันวาคม 2566 กุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน และสิงหาคม 2567 พบว่าคุณภาพน้ำมีความแตกต่างตามฤดูกาลอย่างชัดเจน อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 29.2–31.3°C โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดพบในเดือนเมษายน 2567 เท่ากับ 31.3±0.7°C และต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2566 เท่ากับ 29.2±0.7°C ซึ่งอุณหภูมิของน้ำไม่มีความแตกต่างตามสถานี ($p>0.05$) ค่าความเค็มของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้างระหว่าง 11.5±3.8 ถึง 33.7±0.3 psu และมีความแตกต่างตามฤดูกาล ($p<0.05$) โดยค่าต่ำสุดพบในเดือนสิงหาคม 2567 (ฤดูฝน) โดยเฉพาะบริเวณใกล้ปากแม่น้ำซึ่งมีความเค็มต่ำสุดเพียง 3.8 psu (ภาพที่ 2a) ขณะที่ค่าความเค็มสูงสุดอยู่ในเดือนกุมภาพันธ์ 2567 (ฤดูแล้ง) (ภาพที่ 2) การกระจายตัวของความเค็มแสดงความแตกต่างระหว่างพื้นที่ตอนใน (ใกล้ปากแม่น้ำ) และตอนนอกอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ขณะที่เดือนธันวาคม กุมภาพันธ์ และเมษายน ความเค็มอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

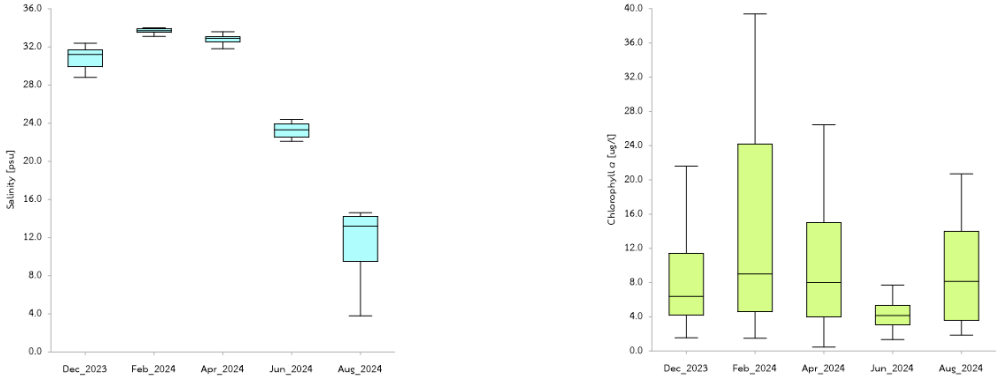
Water quality	unit	Dec 2023	Feb 2024	Apr 2024	Jun 2024	Aug 2024
Temperature (Temp.)	°C	29.2±0.7	29.2±0.6	31.3±0.7	31.2±0.6	31.0±0.3
Salinity (Sal.)	psu	31.0±1.1	33.7±0.3	32.8±0.5	23.3±0.8	11.5±3.8
pH	–	7.7±0.2	8.0±0.1	7.5±0.1	8.2±0.1	7.8±0.2
Dissolved Oxygen (DO)	mg/l	4.9±1.3	6.8±1.4	4.9±0.7	5.6±0.9	4.0±0.8
Chlorophyll *a* (Chl *a*)	µg/l	7.6±5.2	14.4±11.8	11.2±9.5	4.4±1.8)	9.1±5.8
Ammonia (NH_3–N)	µM	18.9±19.2	2.8±2.5	11.5±6.2	3.6±2.1	11.8±10.0
Nitrite (NO_2^-–N)	µM	1.1±0.3	0.5±0.6	1.9±0.7	0.6±0.3	2.2±1.2
Nitrate (NO_3^-–N)	µM	3.5±1.4	0.8±0.8	6.6±3.2	1.6±1.1	5.1±6.1
Silicate (SiO_4^{4-}–Si)	µM	58.0±23.7	17.8±5.8	25.3±9.3	14.7±6.3	117.6±17.1
phosphate (PO_4^{3-}–P)	µM	3.7±2.3	0.9±0.4	2.2±0.5	1.5±0.5	2.6±1.1



(a) (b)

ภาพที่ 2 ความเค็มของน้ำบริเวณชายฝั่งชลบุรีในช่วงเดือนสิงหาคม 2567 (a) และเดือนกุมภาพันธ์ 2567 (b)

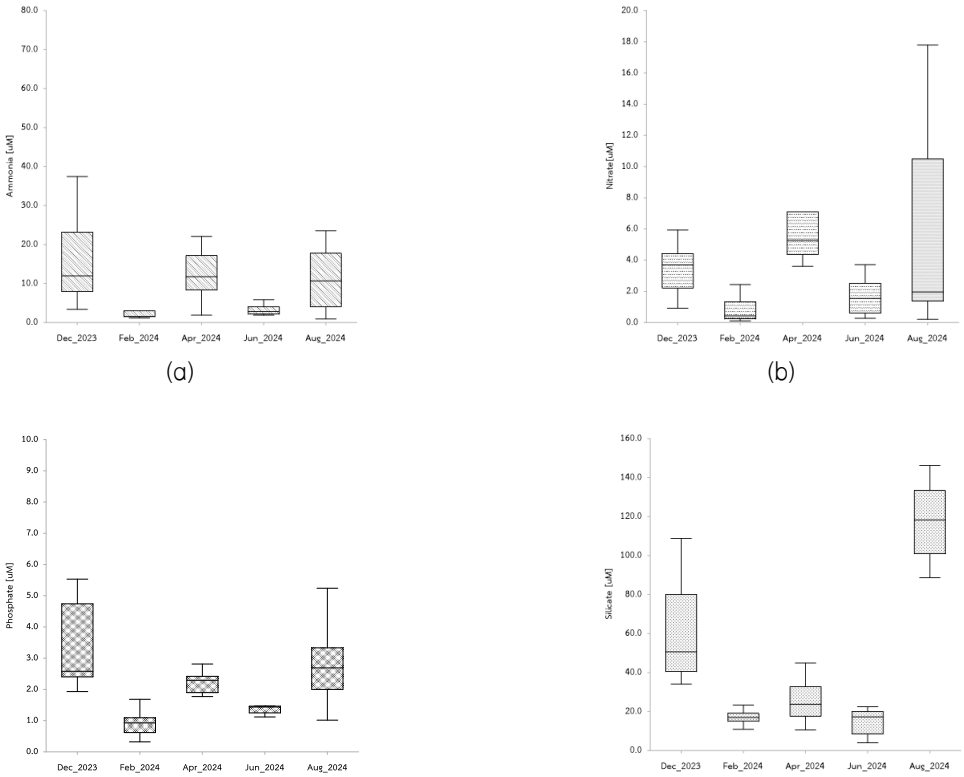
การวิเคราะห์เชิงสถิติพบว่าความเค็มแตกต่างตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สามารถแบ่งได้เป็นฤดูฝน (มิถุนายน–สิงหาคม) และฤดูแล้ง (ธันวาคม–กุมภาพันธ์–เมษายน)(ภาพที่ 3a) ในส่วนของค่าคลอโรฟิลล์–เอ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลค่อนข้างชัดเจน (ภาพที่ 3b) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.4±1.8 ถึง 14.4±11.8 µg/L (ตารางที่ 2) โดยเดือนกุมภาพันธ์ 2567 มีค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์–เอสูงที่สุดเท่ากับ 14.4±11.8 µg/L สะท้อนถึงความแปรปรวนของปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในขณะที่ค่าต่ำที่สุดพบในเดือนมิถุนายน 2567 เท่ากับ 4.4±1.8 µg/L การกระจายตัวของคลอโรฟิลล์–เอมีแนวโน้มสูงขึ้นในเดือนสิงหาคม 2567 เฉลี่ย 9.1±5.8 µg/L ส่วนเดือนเมษายน 2567 มีค่าเฉลี่ยระดับปานกลางที่ 11.2±9.5 µg/L ขณะที่เดือนธันวาคม 2566 มีค่าเฉลี่ย 7.6±5.2 µg/L



(a) (b)

ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำ (a) และคลอโรฟิลล์ เอ (b) บริเวณชายฝั่งชลบุรี

ผลการศึกษาการการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำ พบว่ามีความแตกต่างตามช่วงเวลาอย่างชัดเจน (ภาพที่ 4) โดยแอมโมเนียมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม ตามด้วยเดือนเมษายนและสิงหาคม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับเดือนกุมภาพันธ์และมิถุนายนมีค่าต่ำสุด ในส่วนของไนเตรทพบว่า มีค่าสูงในเดือนสิงหาคม ซึ่งแตกต่างจากเดือนกุมภาพันธ์และมิถุนายนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่เดือนเมษายนอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับฟอสเฟตมีค่าที่สูงในเดือนธันวาคมและสิงหาคม โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับเดือนกุมภาพันธ์และมิถุนายนซึ่งมีค่าต่ำที่สุด ส่วนซิลิเกตมีค่าสูงในเดือนธันวาคม และเพิ่มขึ้นมากในเดือนสิงหาคม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับเดือนกุมภาพันธ์และมิถุนายนที่มีค่าต่ำกว่าอย่างชัดเจน



(a) (b)

(c) (d)

ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนีย (a) ไนเตรท (b)ฟอสเฟต (c) และซิลิเกต (d) บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

ผลการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในบริเวณชายฝั่งทะเล จังวัดชลบุรีพบความหลากหลายของแพลงก์ตอน 3 Divisions ได้ แ ก่ Cyanophyta Chlorophyta แ ล ะ Chromophyta 6 Class (Cyanophyceae Chlorophyceae Euglenophyceae Bacillariophyceae Dinophyceae และ Dictyochophyceae) 68 Genus ดังตารางที่ 3 โดย Divisions Cyanophyta พบชนิดที่สำคัญอย่าง *Oscillatoria* sp. ตลอดทุกเดือน ในขณะที่ชนิดอื่น เช่น *Merismopedia* sp. *Microcystis* sp. *Pseudanabaena* spp. และ *Spirulina* sp. พบเฉพาะเดือนสิงหาคม สะท้อนให้เห็นความแตกต่างของฤดูกาลต่อการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้สำหรับ Divisions Chlorophyta พบแพลงก์ตอนพืชเพียงในเดือนสิงหาคม เช่น *Actinastrum* sp. *Closterium* spp. และ *Trachelomonas* sp. ในส่วนของ Divisions Chromophyta หรือกลุ่มของ Diatom สามารถพบได้ตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา แต่ความหนาแน่นของแต่ละชนิดแตกต่างกันไป เช่น *Amphora* spp. และ *Thalassiosira* sp. พบเกือบทุกเดือน ในขณะที่บางชนิด เช่น *Cymatosira* sp. และ *Lyrella* sp. พบเป็นบางช่วงเวลา แสดงถึงความหลากหลายเชิงพื้นที่และฤดูกาลของไดอะตอม ในกลุ่มของ Dinophyceae (Dinoflagellates) พบบางชนิด เช่น *Peridinium* spp. และ *Noctiluca* sp. กระจายเกือบทุกช่วงเวลาของการศึกษา แต่บางชนิดพบเพียงเดือนเดียว เช่น *Amphidoma* sp. และ *Scrippsiella* sp.

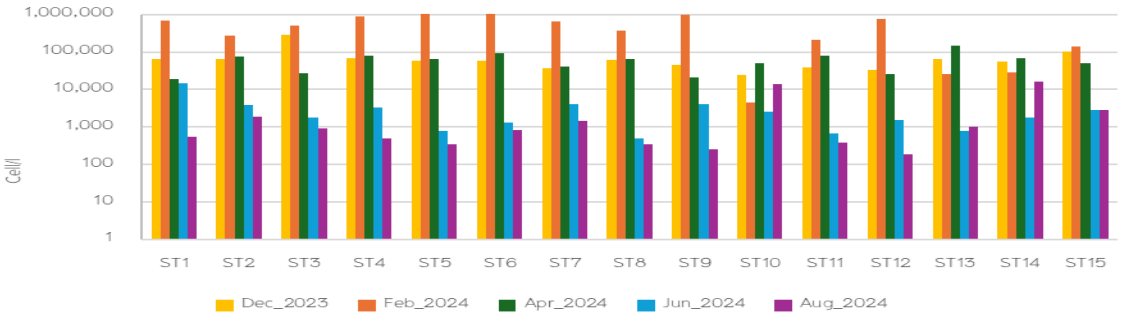
ตารางที่ 4 แพลงก์ตอนพืชที่พบในบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี

Division	Class	Species	Dec 2023	Feb 2024	Apr 2024	Jun 2024	Aug 2024
Cyanophyta	Cyanophyceae	*Merismopedia sp.*					*
		microcystis sp.					*
		Oscillatoria sp.	*	*	*	*	*
		Pseudanabaena spp.					*
		Spirulina sp.					*
Chlorophyta	Chlorophyceae	*Actinastrum sp.*					*
		Closterium spp.					*
		Cruciẹeniella sp.					*
		Dictyosphaerium sp.					*
		Micractinium spp.					*
		Pandolina sp.					*
		Pediastrum spp.					*
		Scenedesmus spp.					*
		Staurastrum spp.					*
		Tetraedron spp.					*
	Euglenophyceae	*Trachelomonas sp.*					*
Chromophyta	Bacillariophyceae	*Actinoptychus sp.*	*		*	*	*
		Amphora spp.	**	**	**	*	*
		Aulacoseira sp.					*
		Bacillaria sp.	***	*	*		
		Bacteriastrum sp.	*	**	**	*	*
		Bellerochea sp.	**	*****	***	*	*
		Chaetoceros spp.	**	***	***		*
		Corethron sp.	*				*
		Coscinodiscus spp.	**	**	**	*	*
		Cyclotella sp.	*	**	**	**	**
		Cylindrotheca sp.	****	***	***	**	*
		Cymatosira sp.	*		*		
		Ditylum sp.	*	*	****		
		Entomonies sp.	*	*	***	**	*
		Epithemia sp.	*	**	*		
		Eucampia sp.	*	**			
		Eunotia sp.	*				
		Guinardia spp.	*		*	*	*
		Haslea sp.	*	*	*		
		Hemiaulus spp.	*	*	**		

ตารางที่ 4 (ต่อ) แพลงก์ตอนพืชที่พบในบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี

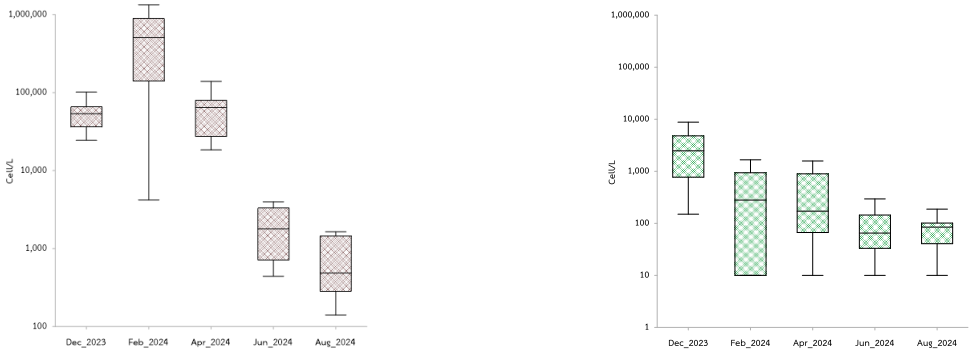
Division	Class	Species	Dec 2023	Feb 2024	Apr 2024	Jun 2024	Aug 2024
Chromophyta	Bacillariophyceae	*Lauderia spp.*	**	**	**	*	*
		Leptocylindrus spp.	*	*	*		
		Lyrella sp.	*	*	*		
		Melosira sp.	**	*	**	*	*
		Navicula spp.	***	**	**	*	*
		Nitzschia spp.	**	**	**	**	*
		Odontella spp.	**	**	**		*
		Paralia sp.		*	*	*	
		Proboscia sp.	**	*	*		
		Pinularia sp.	*		*		
		Pleurosigma spp.	***	***	***	**	*
		Pseudonitzschia sp.		*	**	*	
		Rhizosolenia sp.	****	***	**		*
		Skeletonema sp.	***	**	***	**	***
		Surirella spp.	**	**	**	**	*
		Synedra sp.	*	**	*	*	*
		Thalassionema sp.	***	*	***	*	*
		Thalassiosira sp.	****	****	****	**	*
		Thalassiothrix sp.	*	*	**		
		Trachynies spp.	*	*			
		Triceratium sp.	*	*	*		*
	Dinophyceae	*Amphidoma sp.*	*				
		Gonyaulax sp.	*		*		
		Gymnodinium spp.	**		*		*
		Noctiluca sp.			**	*	*
		Peridinium spp.	***	**	*	*	*
		Prorocentrum spp.	**	*	*	*	
		Protoperidinium sp.	**	*	*		*
		Pyrophacus sp.	*	*	*	*	*
		Scrippsiella sp.	*				
		Tripos sp.	**	*	**		*
	Dictyochophyceae	*Dictyocha sp.*		*	*		

ผลการศึกษาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชพบว่ามีความผันแปรตามฤดูกาลอย่างเด่นชัด (ภาพที่ 5) โดยมีแนวโน้มสูงในช่วงฤดูแล้งและลดลงต่อเนื่องในฤดูฝน โดยเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 พบแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ย 70,772 เซลล์ต่อลิตร และเพิ่มขึ้นมากในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 เฉลี่ยเท่ากับ 527,504 เซลล์ต่อลิตร และมีค่าสูงสุดในสถานีที่ 5 เท่ากับ 1,337,125 เซลล์ต่อลิตร แสดงให้เห็นถึงการเกิดการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชในช่วงนี้ ส่วนในเดือนเมษายน 2567 ความหนาแน่นเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 60,557 เซลล์ต่อลิตร และลดลงเด่นชัดมากขึ้นในเดือนมิถุนายนและสิงหาคม โดยความหนาแน่นเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 2,990 และ 2,777 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อลิตร) บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแพลงก์ตอนในกลุ่มเด่นได้แก่ แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม และไดโนแฟลกเจลเลต พบว่า ปริมาณของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมมีความแปรผันค่อนข้างชัดเจน (ภาพที่ 6a) ซึ่งความหนาแน่นในเดือนธันวาคม และเดือนกุมภาพันธ์ มีแนวโน้มสูงกว่าเมื่อเทียบกับช่วงเดือนอื่น โดยเดือนกุมภาพันธ์มีค่ามัธยฐานสูงที่สุด ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม ความหนาแน่นมีแนวโน้มลดต่ำลง ในส่วนของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลเจลเลตพบว่าในช่วงเดือนธันวาคม ถึงสิงหาคม มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงแตกต่างจากกลุ่มไดอะตอมอย่างชัดเจน (ภาพที่ 6b) และมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำกว่าและมีการกระจายตัวของข้อมูลกว้างในบางช่วงเวลา โดยในเดือนธันวาคม ความหนาแน่นของไดโนแฟลเจลเลตอยู่ในระดับปานกลาง และสูงขึ้นเล็กน้อยในเดือนกุมภาพันธ์ แต่ค่ามัธยฐานยังคงต่ำกว่าไดอะตอมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับเดือนเมษายน 2567 ความหนาแน่นของไดโนแฟลเจลเลตลดต่ำลงและมีความแปรปรวนระหว่างสถานี ส่วนในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน–สิงหาคม 2567) ความหนาแน่นของไดโนแฟลเจลเลตอยู่ในระดับต่ำที่สุด และมีการกระจายตัวที่ค่อนข้างแคบ



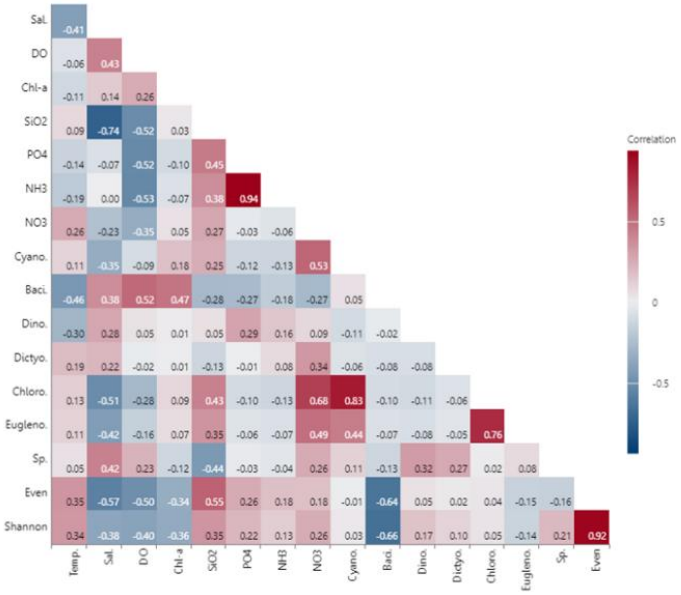
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม (a) และไดโนแฟลเจลเลต (b) บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายพบว่า ค่าความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชแสดงความผันแปรชัดเจนตามฤดูกาล (ตารางที่ 5) โดยจำนวนชนิด (Species) มีค่าสูงในช่วงเดือนธันวาคม และและมีแนวโน้มลดลง โดยเดือนมิถุนายน และเดือนสิงหาคม มีค่าต่ำที่สุด ในส่วนของค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon–Wiener Index) มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับจำนวนชนิด โดยมีค่าค่อนข้างสูงเดือนธันวาคม และเดือนเมษายน แต่ลดต่ำลงมากในเดือนกุมภาพันธ์ และเพิ่มสูงขึ้นเดือนมิถุนายน–สิงหาคม โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม สำหรับค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness) มีความแปรผันสอดคล้องกับค่าดัชนีความหลากหลาย โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ขณะที่ค่า และสูงสุดในเดือนสิงหาคม ส่วนในเดือนมิถุนายนและธันวาคมอยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 5 ค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

	Dec 2023	Feb 2024	Apr 2024	Jun 2024	Aug 2024
Species (s)	24.3±2.8	19.4±3.7	23.8±5.0	12.4±2.2	13.5±6.1
	(19.0–29.0)	(12.0–26.0)	(13.0–30.0)	(8.0–16.0)	(3.0–25.0)
Shannon–Wiener Index (H')	1.69±0.29	0.68±0.59	1.53±0.51	1.73±0.51	1.86±0.67
	(1.10–2.18)	(0.25–2.54)	(0.63–2.32)	(0.94–2.56)	(0.67–2.71)
Evenness index (J')	0.53±0.09	0.23±.18	0.48±0.14	0.53±0.09	0.76±0.23
	(0.36–0.66)	(0.09–0.80)	(0.24–0.70)	(0.36–0.66)	(0.25–0.94)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนพืชพบว่า คลอโรฟิลล์ เอ ในระบบน้ำชายฝั่งที่ศึกษาได้รับอิทธิพลจากตัวแปรด้านธาตุอาหารและองค์ประกอบชุมชนแพลงก์ตอนพืชหลายกลุ่ม (ภาพที่ 7) โดยคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับฟอสเฟต ขณะเดียวกันคลอโรฟิลล์ เอแสดงความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางกับซิลิเกต สำหรับความสัมพันธ์ของด้านความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชพบว่าไดอะตอม มีความสัมพันธ์เชิงลบกับซิลิเกตซึ่งสอดคล้องกับการใช้ซิลิเกตอย่างรวดเร็ว ด้านแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลเจลเลต มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับฟอสเฟตและไนเตรท ในส่วนของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไซยาโนแบคทีเรียพบว่า มีความสัมพันธ์กับแอมโมเนียและไนเตรทอย่างชัดเจน แสดงถึงความไวต่อแหล่งไนโตรเจนทั้งสองรูป



ภาพที่ 7 สัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และองค์ประกอบทางชนิดของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

ในส่วนของสัมพันธ์ด้านองค์ประกอบ่ทางชนิดและความหลากหลาย พบว่า จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช มีความสัมพันธ์กับความเค็ม และซิลิเกต ขณะที่ดัชนีความสม่ำเสมอมีความสัมพันธ์สูงมากกับดัชนีความหลากหลาย ซึ่งสะท้อนว่าการกระจายความชุกสมดุลจะทำให้ความหลากหลายรวมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ดัชนีความหลากหลาย มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนชนิดเด่นในพื้นที่ศึกษา

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยทะเลจังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม 2566 ถึงสิงหาคม 2567 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับฤดูกาล และมีผลโดยตรงต่อโครงสร้างและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในระบบนิเวศชายฝั่ง อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเมษายน และคงที่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งเอื้อต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชในเขตร้อน (Cloern & Jassby, 2010) ความเค็มมีการแปรผันสูงจากฤดูแล้ง (31–34 psu) ลดลงอย่างมากในฤดูฝน (ต่ำสุด 11.5 psu) สะท้อนการไหลบ่าของน้ำจืดจากแผ่นดิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อชนิดและการกระจายของแพลงก์ตอนพืชที่ทนต่อความเค็มต่ำ เช่น Division Cyanophyta และ Chlorophyta (Kholssi et al., 2023) การลดลงของความเค็มยังอาจก่อให้เกิดการรบกวนระบบนิเวศ (disturbance) ทำให้โครงสร้างชุมชนเปลี่ยนแปลงตามลำดับครอบครองพื้นที่ของกลุ่มชนิดต่าง ๆ (Paerl et al., 2011) สารอาหารอนินทรีย์ เช่น ซิลิเกตและแอมโมเนีย มีค่าต่ำในฤดูแล้งและเพิ่มสูงในเดือนสิงหาคม สอดคล้องกับการชะล้างดินและน้ำฝนที่ไหลลงมา (Cloern, 2001) โดยซิลิเกตเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไดอะตอม การเพิ่มขึ้นของซิลิเกตในปลายฤดูฝนเอื้อต่อการสะพรั่งของไดอะตอมบางสกุล (Egge & Aksnes, 1992)ขณะที่ไนเตรตและฟอสเฟตมีการแปรผันน้อยกว่า แต่สูงขึ้นในช่วงต้นฤดูหนาวและปลายฤดูฝน ซึ่งสัมพันธ์กับการย่อยสลายอินทรียวัตถุและการพัดพาสารอาหารจากแหล่งกำเนิดบนบก (He et al., 2023) การมีสารอาหารหลายรูปแบบในระดับปานกลางถึงสูงในช่วงนี้อาจสนับสนุนการเพิ่มขึ้นของค่าคลอโรฟิลล์-เอ โดยเฉพาะในเดือนกุมภาพันธ์ ในส่วนของความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชพบว่าฤดูกาลมีผลอย่างชัดเจนโดย ในฤดูแล้งพบ Bacillariophyceae เป็นกลุ่มเด่นและดัชนีความหลากหลายมีค่าต่ำ (H′ = 0.68) สะท้อนให้เห็นถึงการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชในช่วงเวลาดังกล่าว (Hilaluddin et al., 2020) ส่วนในต้นฤดูฝน (มิถุนายน) ความหนาแน่นรวมลดลงเนื่องจากความเค็มของน้ำต่ำและมีการเจือจางสารอาหาร ขณะที่ช่วงกลางฤดูฝน แพลงก์ตอนพืชกลุ่ม Cyanophyceae และ Chlorophyceae เพิ่มจำนวน ทำให้ความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนสูงขึ้นแม้จำนวนชนิดยังจำกัด การวิเคราะห์เชิงตัวเลขชี้ว่าความหลายหลายและและความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืชเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการประเมินความเสี่ยงต่อสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชได้ (Valenzuela-Sanchez et al., 2021) นอกจากนี้ในช่วงฤดูแล้งยังพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มศักยภาพก่อพิษ ได้แก่ *Pseudo-nitzschia* และไดอะตอมหนาแน่นสูง เช่น *Skeletonema* sp.ซึ่งสามารถก่อให้เกิดน้ำเขียว-น้ำขุ่นและใช้ออกซิเจนสูง (อ้างอิง) นอกจากนี้ยังพบ Dinophyceae หลายชนิด เช่น *Peridinium* sp., *Prorocentrum* sp., *Protoperidinium* sp., *Gymnodinium* sp. และ *Tripos* sp. ซึ่งบางกลุ่มสัมพันธ์กับการสร้างสารพิษและภาวะน้ำเน่าเมื่อเกิดการตายพร้อมกัน (Paerl et al., 2011) องค์ประกอบเหล่านี้สะท้อนความเสี่ยงต่อการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีขนาดเล็ก แม้ความรุนแรงจะยังไม่สูง แต่มีความสำคัญต่อการเฝ้าระวังเชิงป้องกัน (Anderson, 1994) ทั้งนี้การตรวจพบไดโนแฟลเจลเลตหลายสกุลที่มีศักยภาพในการสร้างสารพิษในพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยทะเล สะท้อนความเสี่ยงเชิงนิเวศและความปลอดภัยด้านอาหาร โดยเฉพาะต่อสัตว์น้ำแบบกรองกิน เช่น หอยสองฝา ซึ่งสามารถสะสมสารพิษในเนื้อเยื่อโดยไม่แสดงอาการผิดปกติ (Anderson *et al.*, 2012) สกุล *Prorocentrum* มีความสำคัญเนื่องจากหลายชนิดสามารถสร้างสารพิษกลุ่ม diarrhetic shellfish poisoning (DSP) เช่น okadaic acid ซึ่งก่อความเสี่ยงต่อผู้บริโภค (FAO, 2004; Reguera et al., 2014) ขณะที่ *Gymnodinium* มีรายงานการผลิตสารพิษต่อปลาและสัตว์น้ำ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในกรณีที่เกิดการเพิ่มจำนวนสูง (Hallegraeff, 2003) แม้ *Protoperidinium* และ *Peridinium* จะเป็นไดโนแฟลเจลเลตแบบกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นหลัก แต่มีรายงานว่ามักพบร่วมกับเหตุการณ์แพลงก์ตอนพิษและอาจมีบทบาททางอ้อมต่อพลวัตของสารพิษ (Smayda, 1997) ส่วน *Tripos* sp. แม้ไม่เป็นที่ทราบว่าสร้างสารพิษโดยตรง แต่การสะสมชีวมวลสูงสามารถรบกวนสมดุลออกซิเจนและเพิ่มความเครียดต่อสัตว์น้ำ (Hallegraeff, 2003)

โดยภาพรวม การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลส่งผลชัดเจนต่อคุณภาพน้ำและปริมาณสารอาหาร ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช รวมถึงการเพิ่มขึ้นของชนิดที่มีศักยภาพก่อพิษ และก่อให้เกิดความเสี่ยงทั้งด้านนิเวศและเศรษฐกิจต่อการเพาะเลี้ยงหอยทะเล ช่วงต้นฤดูแล้ง (มกราคม–กุมภาพันธ์) มักพบแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นและการเกิด phytoplankton bloom ซึ่งอาจทำให้น้ำขุ่น การใช้ออกซิเจนสูง และปัญหากลิ่นหรือรสผิดปกติของสัตว์น้ำส่งผลต่อคุณภาพและมูลค่าผลผลิต ขณะที่ช่วงต้นฤดูฝน ความเค็มที่ลดลงอย่างรวดเร็วเพิ่มความเครียดต่อหอย ทำให้การเจริญเติบโตช้าลงหรือเกิดการตายสูง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่การถ่ายเทน้ำจำกัด ส่วนช่วงปลายฤดูฝน การเพิ่มขึ้นของไดโนแฟลเจลเลต เช่น *Prorocentrum* และ *Gymnodinium* แม้ยังไม่ก่อให้เกิดพิษรุนแรง แต่สะท้อนความเสี่ยงต่อการสะสมสารพิษในหอยและอาจนำไปสู่การชะลอการเก็บเกี่ยว ดังนั้น การติดตามคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเสี่ยงอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งและปลายฤดูฝน ควบคู่กับการบริหารจัดการที่เหมาะสม จะช่วยลดการสูญเสียผลผลิต เพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และสนับสนุนการเพาะเลี้ยงหอยทะเลอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณสนับสนุนผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เพื่อสนับสนุนการวิจัยมูลฐาน (Fundamental Fund) มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

เอกสารอ้างอิง

Anderson, D. M. (2012). Harmful algal blooms and eutrophication: Examining linkages from selected coastal regions of the United States. *Harmful Algae, 8*, 39–53.

Anderson, D. M., Cembella, A. D., & Hallegraeff, G. M. (2012). Progress in understanding harmful algal blooms: Paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Annual Review of Marine Science, 4*, 143–176.

Cloern, J. E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series, 210*, 223–253.

Cloern, J. E., & Jassby, A. D. (2010). Patterns and scales of phytoplankton variability in estuarine–coastal ecosystems. *Estuaries and Coasts, 33*(2), 230–241.

Dai, Y., Yang, S., Zhao, D., Hu, C., Xu, W., Anderson, D. M., Li, Y., Song, X.-P., Boyce, D. G., Gibson, L., Zheng, C., & Feng, L. (2023). *Coastal phytoplankton blooms expand and intensify in the 21st century*. Nature, 615, 1–7.

Department of Fisheries-DOF. (2023). Statistics of marine shellfish farms 2022 (Document No. 10/2566). Fisheries Statistics Group, Policy and Planning Division, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand.

Egge, J. K., & Aksnes, D. L. (1992). Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Marine Ecology Progress Series, 83*, 281–289.

FAO. (2004). *Marine biotoxins* (FAO Food and Nutrition Paper No. 80). FAO.

Grasshoff, K., Kremling, K., & Ehrhardt, M. (1999). *Methods of seawater analysis (3rd ed.).* Wiley-VCH.

Hallegraeff, G. M. (2003). Harmful algal blooms: A global overview. In G. M. Hallegraeff et al. (Eds.), *Manual on harmful marine microalgae* (pp. 25–49). UNESCO.

He, Y., Zhang, P., Xu, F., Zhao, L., & Zhang, J. (2023). Seasonal nutrients variation, eutrophication pattern, and Chlorophyll a response adjacent to Guangdong coastal water, China. *Frontiers in Marine Science, 10*, Article 1236609.

Hilaluddin, F., Yusoff, F. M., & Toda, T. (2020). Shifts in diatom dominance associated with seasonal changes in an estuarine–mangrove phytoplankton community. *Journal of Marine Science and Engineering, 8*(7), 528.

Holguin, J. E., & Martinez–Cordova, L. R. (2021). Phytoplankton composition and abundance as indicators of aquaculture effluents impact in coastal environments of mid Gulf of California. *Heliyon, 7*(2), e06203.

Hurlbert, S. H. (1971). The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology, 52*(4), 577–586. https://doi.org/10.2307/1934145

Jahan, S., & Singh, A. (2023). *The role of phytoplanktons in the environment and in human life: A review*. Basic and Applied Science Journal, 41(2), 379–398.

Kholssi, R., Lougraimzi, L., & Moreno–Garrido, I. (2023). Influence of salinity and temperature on the growth, productivity, photosynthetic activity and intracellular ROS of two marine microalgae and cyanobacteria. *Marine Environmental Research, 186*, 105932.

Leong, S., Lim, C. Y., Chew, L. P., Kok, J. W., & Teo, S. L. M. (2015). *Three new records of dinoflagellates in Singapore's coastal waters, with observations on environmental conditions associated with microalgal growth in the Johor Straits*. Raffles Bulletin of Zoology, Supplement 31, 24–36.

Paerl, H. W., Hall, N. S., & Calandrino, E. S. (2011). Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic change. *Science of the Total Environment, 409*(10), 1739– 1745.

Pollution Control Department–PCD. (2006). *Surface Water Quality Standards & Criteria in Thailand.* Ministry of Science, Technology and Environment. (in Thai)

Reguera, B., et al. (2014). Dinophysis toxins: Causative organisms, distribution and fate in shellfish. *Marine Drugs, 12*(1), 394–461.

Smayda, T. J. (1997). Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms. *Limnology and Oceanography, 42*(5), 1137–1153.

Smayda, T. J., & Reynolds, C. S. (2001). Community assembly in marine phytoplankton. *Journal of Plankton Research, 23*(5), 447–461.

Strickland, J.D.H., & Parsons, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fishery Research Board of Canada, Ottawa.

Valenzuela–Sanchez, C. G., Pasten–Miranda, N. M. A., Enriquez–Ocaña, L. F., Barraza–Guardado, R. H., Valdez

Wongrat, L. (1999). Phytoplankton, Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (In Thai)

Wongrat, L & Boonyapiwat, S. (2003). Manual of Sampling and Analytical Methods of Plankton,Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (In Thai)

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาและปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหว้า (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

The relationship between morphological characteristics and anthocyanin content in Java Plum Fruits *(Syzygium cumini* (L.) Skeels) within Chiang Rai Rajabhat University

กานต์ธีรา ถุงปัญญา[1] นิชานันท์ จันทรี[1] ณัฐกิตติ์ มาฟู[2] เพ็ญศรี มลิทอง[2] ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์[1*] และ อรวรรณ วนะชีวิน[1]

Kanthira thungpanya[1], Nichanan Chansi[1], Natthakit Mafoo[2], Phensri Malithong[2], Tippawan Prasertsin[1*] and Orawan Wanachewin[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจตำแหน่ง ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นหว้า (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหว้า และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาและปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหว้าแต่ละระยะการสุก จากการสำรวจพบต้นหว้าทั้งหมด 40 ต้น กระจายอยู่ใน 6 บริเวณหลัก โดยมีต้นที่สามารถเก็บผลได้จำนวน 6 ต้น (รหัสต้น 10, 19, 22, 26, 28 และ 35) ผลหว้าที่เก็บได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ กลุ่มผลขนาดเล็ก (0.56–0.62 เซนติเมตร) และกลุ่มผลขนาดใหญ่ (0.88–0.91 เซนติเมตร) ต้นหว้ามีความสูงเฉลี่ย 8.23± 2.79 เมตร เส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย 150.22 ± 73.37 เซนติเมตร ใบมีความยาวเฉลี่ย 10.97 ± 1.17 เซนติเมตร และกว้างเฉลี่ย 4.71 ± 0.68 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยวิธี พีเอช – ดิฟเฟอเรนเชียล พบว่า ผลสุกมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 251.52–773.65 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยต้นรหัส 19 มีค่ามากที่สุด ขณะที่ผลห่ามและผลดิบมีค่าปริมาณลดลงอย่างชัดเจน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าลักษณะทางสัณฐานของผลมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารแอนโทไซยานิน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาการใช้ประโยชน์ผลหว้าในอุตสาหกรรมอาหารและการผลิตสีธรรมชาติได้ในอนาคต

คำสำคัญ: พีเอช – ดิฟเฟอเรนเชียล, สีธรรมชาติ, สัณฐานวิทยา, แอนโทไซยานิน

[1] โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[2] สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 57100

[1] Program in Biological Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai 57100

[2] Technology and Innovation Transfer Institute (TTI), Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai 57100

*Corresponding author: prasertsintippawan@gmail.com

Abstract

This study aimed to investigate the spatial distribution and morphological characteristics of *Syzygium cumini* (L.) Skeels within Chiang Rai Rajabhat University, to determine the anthocyanin content in its fruits, and to examine the relationship between fruit morphology and anthocyanin concentration at different ripening stages. A total of 40 *S. cumini* trees were recorded across six major areas, of which six trees (IDs 10, 19, 22, 26, 28, and 35) produced harvestable fruits. The fruits were classified into two statistically distinct size groups based on their significantly different mean fruit diameters: small fruits (0.56–0.62 cm in diameter) and large fruits (0.88–0.91 cm in diameter). The trees had an average height of 8.23± 2.79 m, with a mean trunk circumference of 150.22 ± 73.37 cm. Leaves measured 10.97 ± 1.17 cm in length and 4.71 ± 0.68 cm in width. The anthocyanin content, determined by the pH–differential method, ranged from 251.52 to 773.65 mg/L in ripe fruits, with the highest concentration observed in tree ID 19. Anthocyanin levels decreased markedly in half–ripe and unripe fruits. The findings indicate that fruit morphological traits are correlated with anthocyanin accumulation. This information provides a useful basis for future applications of *S. cumini* fruits in the food industry and for the development of natural colorants.

Keywords: pH–differential, Natural color, Morphology, Anthocyanin

บทนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายได้สนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี โดยดำเนินกิจกรรมการสำรวจและรวบรวมข้อมูลพรรณไม้ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย รวมถึงสวนสมเด็จพระศรีนครินทร์เชียงราย ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน จากผลการสำรวจพบพรรณไม้จำนวนทั้งสิ้น 915 ชนิด ประกอบด้วยพรรณไม้ดั้งเดิมของพื้นที่และพรรณไม้ที่นำมาปลูกรวบรวมไว้เพื่อการอนุรักษ์และศึกษา โดย บะห้าขี้แพะ หรือ ต้นหว้า (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) เป็นหนึ่งในชนิดไม้ที่มีการบันทึกข้อมูลไว้ในรายงานการสำรวจดังกล่าว และสามารถพบกระจายอยู่ในบริเวณต่าง ๆ ทั่วพื้นที่ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย หว้าเป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูงประมาณ 10–25 เมตร ลำต้นค่อนข้างตรง เรือนยอดแน่นทึบ และทรงพุ่มมีลักษณะรูปไข่ (นิตยา เขียวอ่อน, 2550) จึงนิยมปลูกเป็นไม้ประดับและให้ร่มเงาตามองค์กรภาครัฐ และพื้นที่อนุรักษ์ ต้นหว้าถือเป็นพืชพื้นเมืองที่มีความสำคัญทางนิเวศวิทยาและเศรษฐกิจของประเทศไทย มีความสำคัญในหลายด้านไม่ว่าจะเป็นการใช้ส่วนผล เมล็ด ใบอ่อนหรือดอกในการเป็นอาหาร การใช้เปลือก ผล เมล็ด รากเป็นสมุนไพรหรือในผลิตภัณฑ์สุขภาพ การใช้ประโยชน์ทางนิเวศวิทยาและการอนุรักษ์ และการใช้สารสกัดจากผลหรือเมล็ดในด้านอุตสาหกรรมอาหารเสริม และเวชสำอาง เนื่องจากผลของต้นหว้าอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีประเภทแอนโทไซยานินสูง โดยสารแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีสีแดง ม่วง หรือน้ำเงิน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งแบคทีเรีย และสามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และมีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย (มนตรา ศรีษะแย้ม และคณะ, 2565; Zhang & Lin, 2009; Aramwit et al., 2010) อย่างไรก็ตามปริมาณแอนโทไซยานินในผลอาจแตกต่างกันไปตามปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและพันธุกรรมของต้นหว้าในแต่ละพื้นที่ การศึกษาประชากรต้นหว้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ซึ่งเป็นพื้นที่กำหนดขอบเขตชัดเจน จึงเป็นแนวทางสำคัญในการทำความเข้าใจ การกระจายตัวของต้นหว้า และองค์ประกอบทางชีวเคมี ในผลการวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อสำรวจจำนวน และความหนาแน่นของประชากรต้นหว้า รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

ในผลลูกหว้าเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญ และพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างประชากรหว้ากับองค์ประกอบทางชีวเคมีของผล ซึ่งอาจเป็นแนวทางสำคัญในการประเมินศักยภาพของผลหว้าในการเป็นแหล่งสารอาหารที่มีคุณค่าและการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร หรือสารสกัดทางยาในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

2. เพื่อสำรวจประชากรต้นหว้า และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นหว้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

3. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในผลลูกหว้าจากต้นตัวแทนที่พบในพื้นที่

4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาและปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหว้าแต่ละระยะการสุก

วิธีการศึกษา

1. การสำรวจประชากรหว้า และลักษณะทางสัณฐานวิทยา (สมศักดิ์ และคณะ, 2563)

ทำการสำรวจประชากรต้นหว้าภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 940 ไร่ 93 ตารางวา โดยสำรวจทุกบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้ และจับพิกัด Global Positioning System (GPS) โดยการใช้เครื่องหาพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม โดยในการสำรวจมีการบันทึกตำแหน่งพิกัดของต้นหว้าทุกต้น และสร้างแผนที่แสดงตำแหน่งพิกัดจุดต้นโดย โปรแกรม Google earth prosetup

2. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของหว้า ประกอบด้วย

2.1 ความสูงต้น ทำการวัดความสูงของต้นไม้ โดยใช้กล้องดิจิตอล (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก , ม.ป.ป.) โดยวิธีการให้เจ้าหน้าที่ไปยืนใต้ต้นหว้าที่ต้องการวัดความสูง จากนั้นให้ผู้ที่ทำการถ่ายภาพถ่ายภาพไว้โดยการถ่ายรูปจะต้องถ่ายตรง ๆ ให้เห็นโคนต้นและยอดต้น โดยไม่เงยกล้องขึ้นด้านบนหรือกดกล้องลงด้านล่าง จากนั้นนำภาพที่ได้ไปเปิดในโปรแกรม Adobe Photoshop จากนั้นให้คัดลอกภาพคนยืนวางต่อตัวกันขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงยอดไม้ หลังจากนั้นให้เทียบเคียงความสูงของต้นไม้กับความสูงของเจ้าหน้าที่ก็จะได้ความสูงของต้นไม้ออกมาแล้วบันทึกผลไว้

2.2 ความยาวรอบวงต้น ทำการวัดขนาดเส้นรอบวงของลำต้น ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตร และบันทึกผลในหน่วยเซนติเมตร

2.3. ขนาดใบ ทำการสุ่มตัวอย่างใบจากแต่ละต้นจำนวน 5 ใบต่อต้น นำมาวัดความยาวใบ (วัดจากโคนใบถึงปลายใบ) วัดความกว้างใบ (วัดบริเวณที่มีความกว้างมากที่สุด) และการวัดความยาวก้าน (วัดจากโคนก้านไปจนถึงปลายก้าน)

2.4 ขนาดผล จากต้นหว้าทั้งหมด 40 ต้น สามารถเก็บผลได้ 6 ต้น ทำการสุ่มผลสุกจำนวน 10 ผลต่อต้น นำมาวัดเส้นผ่านศูนย์กลางจากผลสุกด้วยเครื่องเวอร์เนียร์ จากนั้นบันทึกผลและหาค่าเฉลี่ย

3. การเก็บตัวอย่างผลหว้า และการเก็บรักษาตัวอย่าง

3.1 ในการเก็บผลหว้าสามารถเก็บได้ทั้งหมด 6 ต้น จาก 40 ต้น เนื่องจากในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยเป็นช่วงท้ายฤดูออกผลของต้นหว้า จึงทำให้ต้นหว้าที่สำรวจส่วนมากไม่มีผล ประกอบกับหว้าบางต้นที่มีผล มีความสูงเกินไปในการเก็บ จึงเก็บผลได้เฉพาะจากต้นที่มีระยะความสูงที่กรรไกรตัดกิ่งยาว 3 เมตร สามารถตัดถึง โดยในแต่ละต้นทำการเก็บผลอย่างน้อย 800 กรัม

3.2 นำผลหว้าที่ได้มาล้างน้ำเปล่าในกะละมัง โดยน้ำแรกทำการขัดเป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างน้ำที่ 2 โดยทำการแช่เป็นเวลา 3 นาที

3.3 แช่ผลหว้าที่ล้างน้ำแล้วในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 0.25 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ปริมาตร 5000 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 10 นาที

3.4 ล้างน้ำผ่าน จากนั้นล้างน้ำเปล่าในกะละมัง โดยน้ำแรกทำการขัดเป็นเวลา 1 นาที และล้างน้ำที่ 2 โดยทำการแช่เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นทิ้งผลไว้ให้หมาด

3.5 ทำการคัดแยกผลออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผลดิบ ผลห่าม และผลสุก เก็บใส่ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ทำการชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการศึกษาปริมาณสารสำคัญต่อไป

4. การสกัดสารแอนโทไซยานินจากผลหว้า

4.1. นำผลหว้าออกจากตู้เย็น –18 องศาเซลเซียส จำนวน 10 กรัม จากนั้นนำไปละลายในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.2. นำตัวอย่างออกจากตู้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร บดให้เมล็ดหลุดออกจากเนื้อ เติมน้ำกลั่น อีก 10 มิลลิลิตร

4.3. นำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4.4. เทสารที่ต้มแล้วใส่ focal tube จากนั้นนำกากไปทำซ้ำขั้นตอนที่ 4.2 และ 4.3 อีก 1 ครั้ง เมื่อต้มเสร็จนำสารที่สกัดได้ไปใส่ใน focal tube อันเดิม

4.5. นำสารละลายที่อยู่ใน focal tube ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5377 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

4.6. แยกสารละลายออกจากตะกอน แล้วนำไปใส่ในหลอดทดลอง ปิดฝาหลอดด้วยพาราฟิน และห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันแสง จากนั้นนำไปใส่ในตู้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วทำการวิเคราะห์ผลภายใน 24 ชั่วโมง

5. การวัดปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยเทคนิคพีเอช – ดิฟเฟอเรนเชียล

5.1. นำสารสกัดที่ได้จากการสกัดหว้ามาเจือจาง 10 เท่า โดยใช้สารสกัด 200 ไมโครลิตร เจือจางด้วย 0.025 โมลาร์ Potassium Chloride buffer, pH 1.0 ปริมาตร 1800 ไมโครลิตร

5.2. นำสารสกัดที่ได้จากการสกัดผลหว้ามาเจือจาง 10 เท่า โดยใช้สารสกัด 200 ไมโครลิตร เจือจางด้วย 0.4 โมลาร์ Sodium acetate buffer, pH 4.5 ปริมาต 1800 ไมโครลิตร

5.3. จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร บันทึกค่าผลการทดลอง จากนั้นหาค่าความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินแล้วนำไปวิเคราะห์โดยการนำค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ ด้วยสมการต่อไปนี้

ความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อลิตร) = $(A \times MW \times DF \times 1000) / (\varepsilon \times L)$ โดยที่

A = $(OD_{510} - OD_{700})$ pH1.0 – $(OD_{510} - OD_{700})$ pH4.5

MW = มวลโมเลกุลของไซยานิดิน–3–กลูโคไซด์ มีค่าเท่ากับ 499.2 กรัมต่อโมล

DF = จำนวนเท่าการเจือจางในสารทดสอบซึ่งมีค่าเท่ากับ 10

ε = โมลาร์แอบซอบติวิตี้ของไซยานิดิน –3– กลูโคไซด์ในสารละลาย บัฟเฟอร์ pH 1.0 มีค่าเท่ากับ 26900 มิลลิโมลต่อเซนติเมตร

L = ความกว้างของคิวเวทท์ที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงมีขนาด 1 เซนติเมตร

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินในแต่ละต้นของผลสุก ผลห่าม และผลดิบ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS ได้ 3 วิธีดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว one – way analysis of variance (one – way ANOVA) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินกับสัณฐานวิทยาของต้นหว้า โดยยึดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น p-value ≤ 0.05

6.2 การวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ถดถอยเชิงพหุคูณ Multiple Regression Analysis และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินกับขนาดผลหว้า ความยาวรอบต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และความยาวก้าน โดยยึดค่า R – Squared ที่มีค่าใกล้เคียงกับ 1 และความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น p-value ≤ 0.05

6.3 การวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้น Linear Regression และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินกับขนาดผลหว้า โดยยึดค่า R – Squared (R^2) ที่มีค่าใกล้เคียงกับ 1 และความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น p-value ≤ 0.05

ผลการศึกษา

1. การสำรวจประชากรหว้า และลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จากการสำรวจตำแหน่งของต้นหว้าภายในขอบเขตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 940 ไร่ 93 ตารางวา พบว่ามีประชากรทั้งหมดจำนวน 40 ต้น โดยสำรวจพบต้นหว้าในบริเวณต่างๆ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย (ภาพที่ 1) โดยผู้ทำการศึกษาได้สำรวจพบต้นหว้าในบริเวณพื้นที่ต่างๆ ของมหาวิทยาลัย และได้แบ่งบริเวณที่พบต้นหว้าออกเป็น 6 บริเวณ ได้แก่ 1) บริเวณสำนักงานอธิการบดีและสวนสมเด็จพระศรีนครินทร์เชียงรายจำนวน 6 ต้น 2) บริเวณโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายและหอปรัชญารัชกาลที่ 9 จำนวน 14 ต้น 3) บริเวณศูนย์บริการสุขภาพและสนามกีฬาสปอร์ตคอมเพล็กซ์ จำนวน 9 ต้น 4) บริเวณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวน 6 ต้น 5) บริเวณอาคารยุพราชวิทยมงคลและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมจำนวน 2 ต้น และ 6) บริเวณสถาบันความหลากหลายทางชีวภาพและหอดูดาวจำนวน 3 ต้น (ภาพที่ 1) โดยผลการสำรวจพบว่าค่าเฉลี่ยความสูงของประชากรต้นหว้าทั้งหมดเท่ากับ 8.23 ± 2.79 เมตร โดยต้นหว้าที่สำรวจมีความสูงอยู่ระหว่าง 2 – 14 เมตร โดยต้นที่สูงที่สุด (รหัสต้น 28) อยู่บริเวณศูนย์บริการสุขภาพและสนามกีฬาสปอร์ตคอมเพล็กซ์ ต้นที่สูงน้อยที่สุด (รหัสต้น 37) อยู่บริเวณสถาบันความหลากหลายทางชีวภาพและหอดูดาว ค่าความยาวรอบต้นที่ระดับความสูงต้น 130 เซนติเมตรจากฐานต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 10.50 – 349.00 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 150.22 ± 73.37 เซนติเมตร โดยต้นที่มีความยาวรอบต้นมากที่สุด (รหัสต้น 16) อยู่บริเวณสำนักงานอธิการบดีและ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์เชียงราย และต้นที่มีความยาวรอบต้นน้อยที่สุด (รหัสต้น 37) อยู่บริเวณสถาบันความหลากหลายทางชีวภาพและหอดูดาว ในการสุ่มตัวอย่างใบจากแต่ละต้นจำนวน 5 ใบต่อต้น พบว่าใบหว้าจำนวน 40 ต้น มีความยาวใบอยู่ระหว่าง 9.20 – 13.98 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยความยาวใบเท่ากับ 10.97 ± 1.17 เซนติเมตร โดยต้นที่มีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด (รหัสต้น 25) อยู่บริเวณศูนย์บริการสุขภาพและสนามกีฬาสปอร์ตคอมเพล็กซ์ ต้นที่มีความยาวใบเฉลี่ยน้อยที่สุด (รหัสต้น 26) อยู่บริเวณศูนย์บริการสุขภาพและสนามกีฬาสปอร์ตคอมเพล็กซ์ สำหรับค่าความกว้างใบเฉลี่ยของประชากรหว้ามีค่าเท่ากับ 4.71 ± 0.68 เซนติเมตร โดยมีความกว้างใบอยู่ระหว่าง 3.70 – 6.76 เซนติเมตร ต้นที่มีความกว้างใบมากที่สุด (รหัสต้น 20) อยู่บริเวณศูนย์บริการสุขภาพและสนามกีฬาสปอร์ตคอมเพล็กซ์ ใบมีความยาวก้านอยู่ระหว่าง 0.34 – 2.22 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยความยาวก้านเท่ากับ 1.09 ± 0.54

เซนติเมตร ต้นที่มีความยาวก้านมากที่สุด (รหัสต้น 27) อยู่บริเวณศูนย์บริการสุขภาพและสนามกีฬาสปอร์ตคอมเพล็กซ์ ต้นที่มีความยาวก้านน้อยที่สุด (รหัสต้น 36) พบในบริเวณอาคารยุพราชวิทยมงคลและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งในช่วงที่ทำการสำรวจมีต้นหว้าที่สามารถเก็บผลเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบแอนโทไซยานินได้จำนวน 6 ต้น คือต้นรหัส 10 19 22 26 28 และ 35 จึงได้นำเฉพาะข้อมูลของต้นหว้าจำนวน 6 ต้นนี้ไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลหว้า และศึกษาปริมาณสารแอนโทไซยานิน



ภาพที่ 1 ภาพขอบเขตพื้นที่ที่ทำการสำรวจประชากรหว้า

1) บริเวณสำนักงานอธิการบดีและสวนสมเด็จพระศรีนครินทร์เชียงราย
2) บริเวณโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายและหอปรัชญารัชกาลที่ 9
3) บริเวณศูนย์บริการสุขภาพและสนามกีฬาสปอร์ตคอมเพล็กซ์
4) บริเวณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
5) บริเวณอาคารยุพราชวิทยมงคลและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
6) บริเวณสถาบันความหลากหลายทางชีวภาพและหอดูดาว

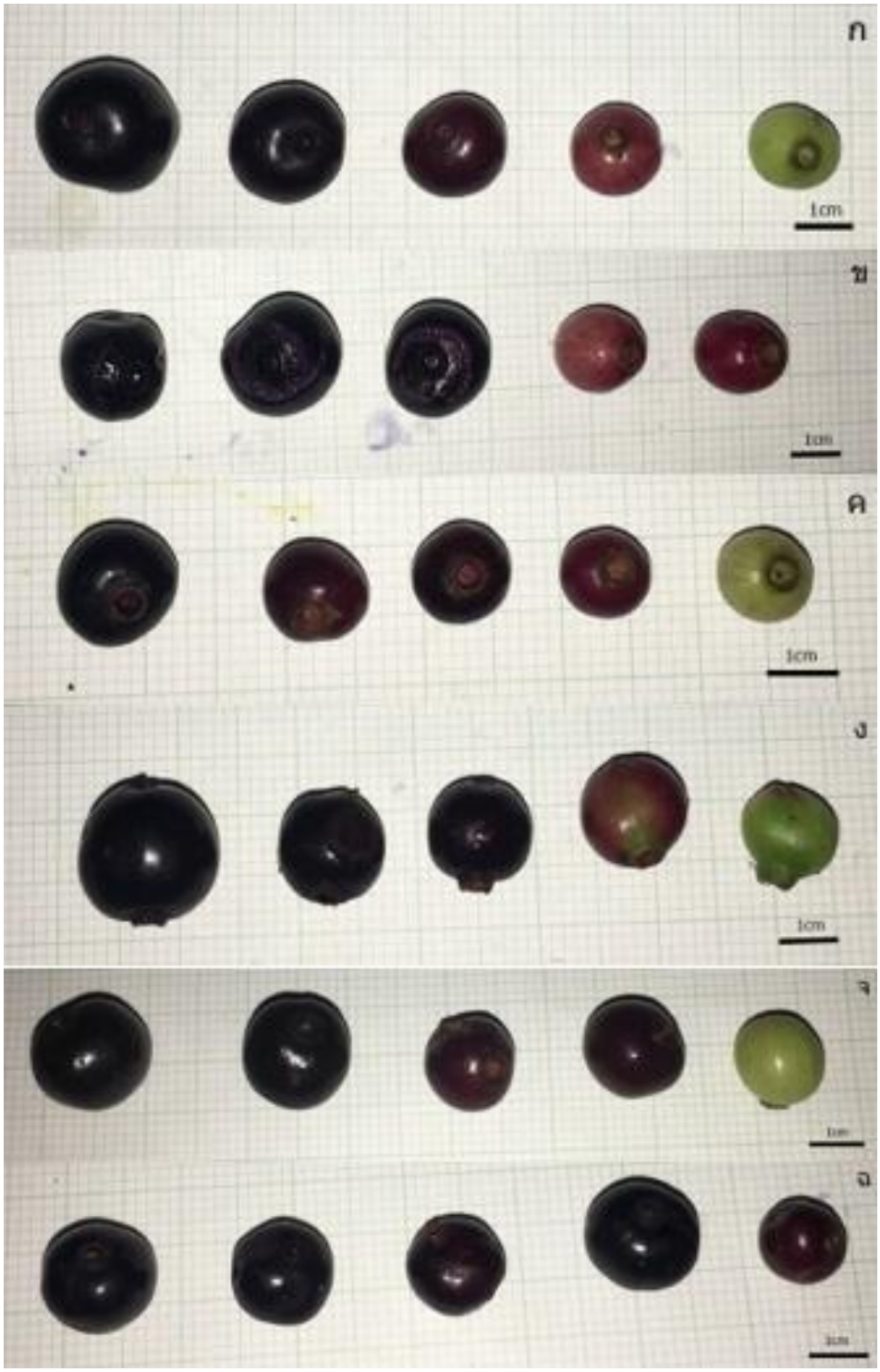
2. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลหว้า

ในการศึกษาลักษณะของผลหว้าจำนวน 6 ต้น พบว่าผลมีรูปร่างลักษณะผลทรงกลม (ภาพที่ 2) จากการสุ่มตัวอย่างผลสุกจำนวน 10 ผลต่อต้น เส้นผ่านศูนย์กลางผลของหว้าต้นรหัสที่ 10 19 22 26 28 และ 35 มีค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 1 โดยจากการเปรียบเทียบข้อมูลขนาดผลระหว่างต้น พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มตามขนาดผลที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีขนาดผลในช่วง 0.56 – 0.62 เซนติเมตร ได้แก่ ผลของหว้าต้นรหัสที่ 22 28 และ 35 และกลุ่มที่มีขนาดผลในช่วง 0.88 – 0.91 เซนติเมตร ได้แก่ ผลของหว้า ต้นรหัสที่ 10 19 และ 26

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของผลหว้าสุก

รหัสต้น	10	19	22	26	28	35
ค่าเฉลี่ย (เซนติเมตร)	0.91 ± 0.11	0.86 ± 0.05	0.56* ± 0.12	0.88 ± 0.08	0.59* ± 0.21	0.62* ± 0.09

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * แสดงการมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น p-value ≤ 0.05



ภาพที่ 2 ลักษณะผลในระยะต่าง ๆ ของต้นหว้ารหัส ก) 10 ข) 19 ค) 22 ง) 26 จ) 28 และ ฉ) 35

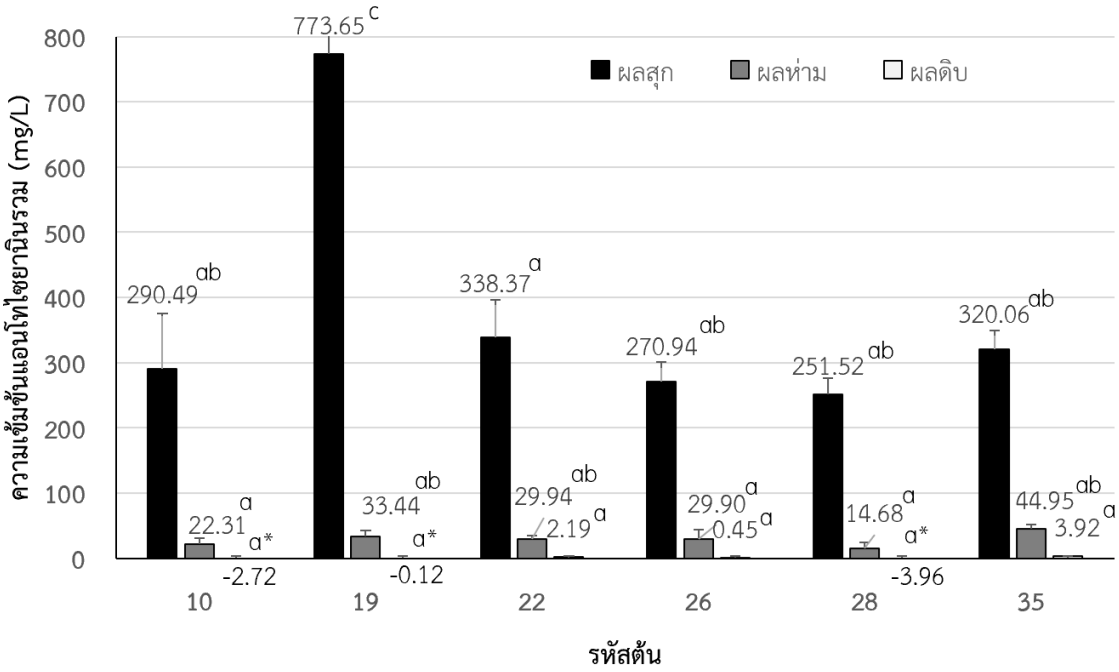
3. สารสกัดและปริมาณสารแอนโทไซยานิน

ในการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินที่พบในตัวอย่างของผลหว้าแต่ละต้นได้มีการแบ่งกลุ่มผลหว้าแต่ละต้นออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผลสุก ผลห่าม และผลดิบ โดยการเปรียบเทียบกับชาร์ตสี (ภาพที่ 3) จากนั้นนำผลหว้าแต่ละกลุ่มไปทำการสกัดสีและวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยวิธี พีเอช – ดิฟเฟอเรนเชียล ผลการทดลองแสดงสีของสารสกัดที่ได้จากผลหว้าในระยะผลสุก ผลห่าม และผลดิบ (ภาพที่ 3) จากการเปรียบเทียบสีด้วยตาเปล่า พบว่า สารสกัดจากผลสุกที่มีสีเข้มมากที่สุด คือ สารสกัดผลหว้ารหัสต้น 19 และรหัสต้นที่มีสีของสารสกัดอ่อนที่สุด คือรหัสต้น 10 สารสกัดจากผลห่ามที่มีสีเข้มมากที่สุดคือรหัสต้น 22 และรหัสต้นที่มีสีของสารสกัดอ่อนสุดคือรหัสต้น 10 ผลดิบที่มีสารสกัดสีเข้มมากที่สุด คือ ผลหว้ารหัสต้น 28 และรหัสต้นที่มีสีสารสกัดอ่อนที่สุดคือต้นรหัสที่ 10

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินของผลสุก (ภาพที่ 4) พบว่า ต้นรหัส 19 มีความเข้มข้นสูงที่สุดเท่ากับ 773.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และสูงกว่าต้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ผลสุกของต้นรหัส 10 22 26 28 และ 35 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารประกอบแอนโทไซยานินที่ใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 251.52 – 338.37 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับผลห่ามของทั้งหกต้น (รหัสที่ 10 19 22 26 28 และ 35) พบว่าความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นอยู่ในช่วง 14.68–44.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนผลดิบของหว้าต้นรหัส 22 26 และ 35 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสารแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 0.45 – 3.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ผลดิบของอีกสามต้นไม่พบปริมาณสารแอนโทไซยานินในระดับที่ตรวจวัดได้



ภาพที่ 3 ชาร์ตสีที่ใช้ในการเก็บผลหว้า และสีของสารสกัด ของต้นหว้ารหัสที่ ก) 10 ข) 19 ค) 22 ง) 26 จ) 28 และ ฉ) 35



ภาพที่ 4 ความเข้มข้นเฉลี่ยสารแอนโทไซยานินใน ผลสุก ผลห่าม และผลดิบ ของผลหว้าในแต่ละต้น

หมายเหตุ เครื่องหมาย * แสดงต้นที่ไม่สามารถวัดค่าความเข้มข้นของสารแอนโทไซยานินได้

เครื่องหมาย a, b, c แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p–value ≤ 0.05

4. ความสัมพันธ์ของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและปริมาณสารแอนโทไซยานิน

ผลการสำรวจลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นหว้าแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายขององค์ประกอบในแต่ละรหัสต้น โดยขนาดผลสุกมีค่าอยู่ในช่วง 0.56–0.91 เซนติเมตร ความยาวรอบต้นมีค่าอยู่ในช่วง 97.5–271.2 เซนติเมตร และความสูงของต้นอยู่ระหว่าง 8–14 เมตร สำหรับลักษณะของใบพบว่าความยาวใบมีค่าอยู่ในช่วง 9.20–13.08 เซนติเมตร ความกว้างใบมีค่าอยู่ในช่วง 4.50–6.10 เซนติเมตร และความยาวก้านใบมีค่าอยู่ในช่วง 0.62–2.02 เซนติเมตร (ตารางที่ 2)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยากับปริมาณแอนโทไซยานิน โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) ซึ่งครอบคลุมตัวแปรขนาดผลสุก ความยาวรอบต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และความยาวก้านใบ พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.9970 กล่าวคือโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินได้สูงถึงร้อยละ 99.70 โดยสมการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์มีรูปแบบดังนี้

แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อลิตร) = 766.1332+0.9828 x ขนาดผลหว้า(เซนติเมตร) + 0.9828 x ความยาวรอบต้น(เซนติเมตร) + 240.2808 x ความยาวใบ(เซนติเมตร) – 735.5136 x ความกว้างใบ (เซนติเมตร) + 471.4067 x ความยาวก้านใบ(เซนติเมตร)

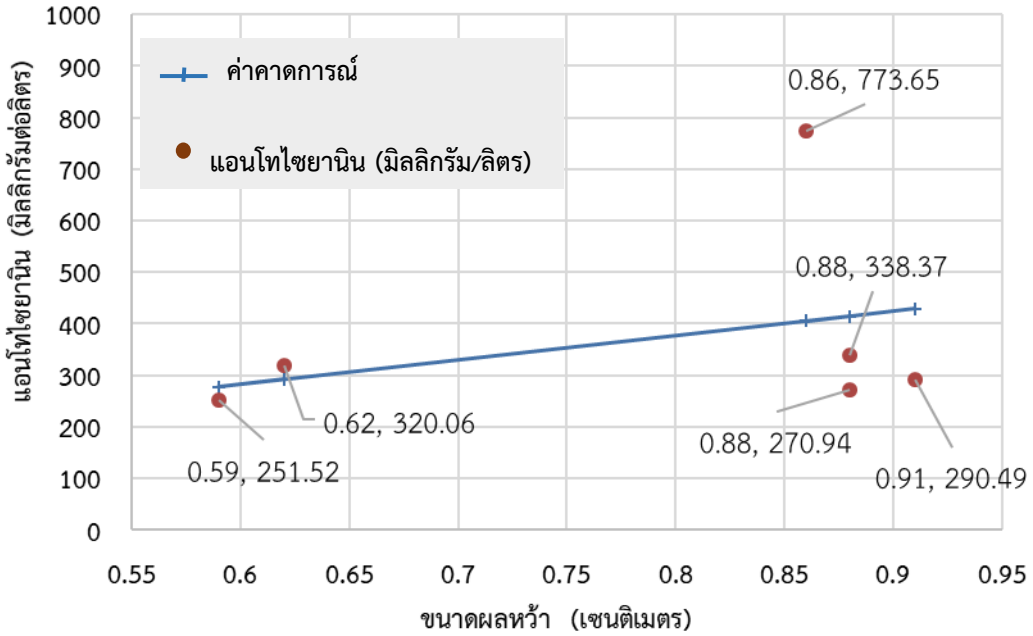
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโมเดลได้ค่า p- value เท่ากับ 0.0930 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งสามารถตีความได้ว่า โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ประกอบไปด้วยปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลของหว้า ทั้งนี้จากการพิจารณาค่า VIF (Multicollinearity) พบว่ามีผลค่า VIF ที่สูงมากแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่สูงมากจนเกินไป

(ตารางที่ 3) ซึ่งตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงค่า p-value ของแต่ละปัจจัยอิสระต่อปริมาณความเข้มข้นของแอนโทไซยานินที่พบว่าแต่ละปัจจัยไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดผลสุกของหว้าต่อปริมาณสารแอนโทไซยานิน โดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression) พบค่า R^2 เท่ากับ 0.8236 ดังนั้นโมเดลนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของแอนโทไซยานินได้ร้อยละ 82.36 และมีสมการถดถอยคือ

แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อลิตร) = 470.9543 x ขนาดของผลหว้า (เซนติเมตร)

จากสมการความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่า ขนาดของผลหว้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณสารแอนโทไซยานิน จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโมเดลได้ค่า p- value เท่ากับ 0.0047 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายถึงโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของผลหว้ามีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นในผลของหว้า (ภาพที่ 5) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลตัวอย่างจำนวน 6 ต้นที่นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (จุดสีแดง) และเส้นกราฟสีฟ้าแสดงค่าคาดการณ์เชิงเส้นของแนวโน้มปริมาณสารแอนโทไซยานินในผล



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดผลและปริมาณสารแอนโทไซยานิน

ตารางที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและปริมาณสารแอนโทไซยานิน

รหัสต้น	ขนาดผลหว้า (เซนติเมตร)	แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความยาวรอบต้น (เซนติเมตร)	ความสูง (เมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวก้านใบ (เซนติเมตร)
10	 0.91 ± 0.11	290.49	271.2	12	9.22 ± 1.34	4.84 ± 0.62	1.44 ± 0.42
19	 0.86 ± 0.05	773.65	113.3	10	10.60 ± 1.82	4.54 ± 0.49	1.68 ± 0.22
22	 0.56 ± 0.12	338.37	97.5	8	12.98 ± 2.52	6.10 ± 0.89	2.02 ± 0.45
26	 0.80 ± 0.08	270.94	172.8	12	9.20 ± 0.51	4.50 ± 0.25	1.08 ± 0.28
28	 0.59 ± 0.21	251.52	150.5	14	11.80 ± 1.05	4.68 ± 0.18	0.62 ± 0.13
35	 0.62 ± 0.09	320.06	145.2	10	13.08 ± 1.70	5.42 ± 0.57	1.08 ± 0.34

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่อความเข้มข้นสารแอนโทไซยานิน

ตัวแปรอิสระ	ค่าสัมประสิทธิ์	p-value	VIF (Multicollinearity)
ขนาดผล	766.1332	0.2105	29,965.6926
ความยาวรอบต้น	0.9828	0.3667	2,207.7692
ความยาวใบ	240.2808	0.0954	46,805.7428
ความกว้างใบ	-735.5136	0.0954	10,185.7180
ความยาวก้านใบ	471.4067	0.1492	6,434.8362

วิจารณ์และสรุปผล

ในการศึกษาสัณฐานวิทยาของต้นหว้าหรือโครงสร้างภายนอกของพืชมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษาด้านอนุกรมวิธานพืช เนื่องจากพืชเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนมากและมีความหลากหลายสูง ต้นหว้าขึ้นได้ดีในดินที่ค่อนข้างชื้น ออกดอกในช่วงเดือนมีนาคม – เมษายน และออกผลในช่วงเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม เป็นไม้ผลัดใบ สูง 10 – 25 เมตร ทรงพุ่มแน่นทึบรูปไข่ เปลือกค่อนข้างเรียบสีเทาอ่อน ใบเดี่ยวเรียงตรงข้าม แผ่นใบรูปรี หรือรูปไข่กลับ ปลายใบแหลม โคนใบมน ผลกลมหรือรี ผลอ่อนสีเขียว พอเริ่มแก่สีชมพู แก่จัดสีดำ รับประทานได้ มีรสเปรี้ยวอมหวานอมฝาด (นิตยา เขียวอ่อน, 2550) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ต้นหว้ามีความสูง 2 – 14 เมตร ความยาวใบ 9.20 – 13.98 เซนติเมตร ความกว้างใบ 3.70 – 6.76 เซนติเมตร และความยาวก้านใบ 0.34 – 2.22 เซนติเมตร ผลมีลักษณะค่อนข้างกลม ซึ่งมีความสอดคล้องกันกับรายงานของ Bijauliya et al. (2018)

ในการสกัดแอนโทไซยานินมีหลายวิธีที่แตกต่างกันไปตามชนิดของตัวอย่างที่ใช้ โดยมากจะใช้ตัวทำละลายในการสกัด และทำการสกัดในสภาวะที่เป็นกรด ประสิทธิภาพในการสกัดแอนโทไซยานินจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัด หรือค่าความเป็นกรด – ด่าง ในศึกษาเบื้องต้นสกัดด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล เพื่อวัดปริมาณสารแอนโทไซยานินของลูกหว้าทั้งหมด 6 ต้น จากการศึกษาปริมาณสารแอนโทไซยานินในครั้งนี้พบว่าปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงสุดอยู่ในผลหว้ารหัสต้น 19 ซึ่งเมื่อแบ่งกลุ่มใน 6 ต้น ผลหว้ารหัสต้น 19 อยู่ในกลุ่มผลขนาดใหญ่ และปริมาณสารแอนโทไซยานินน้อยที่สุดอยู่ในผลหว้ารหัสต้น 28 อยู่ในผลกลุ่มขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับงานวิจัยของ Gajera et al. (2017) ซึ่งรายงานว่าผลหว้าที่มีขนาดใหญ่จะมีปริมาณสาร แอนโทไซยานินน้อย แต่ในผลหว้าที่มีขนาดเล็กจะมีปริมาณสารแอนโทไซยานินมาก เช่นเดียวกับผลไม้ในกลุ่มเบอร์รี่และองุ่นโดยผลที่มีขนาดเล็กจะมีความเข้มข้นของแอนโทไซยานินต่อน้ำหนักผลสูงกว่าผลขนาดใหญ่ เนื่องจากแอนโทไซยานินสะสมมากในผิวหรือเยื่อบุผิวของผล ดังนั้นสัดส่วนผิวต่อมวลผลเป็นตัวกำหนดความเข้มข้นต่อน้ำหนักผล โดยผลขนาดเล็กมักมีสัดส่วนผิวต่อเนื้อสูงกว่าผลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งนำไปสู่ความเข้มข้นแอนโทไซยานินต่อน้ำหนักผลที่สูงกว่า (Chen et al., 2018) จะเห็นได้ว่าผลการทดลองครั้งนี้มีความแตกต่างจากผลการวิจัยอื่น อาจเกิดจากระดับความสุก โดยมีรายงานว่าปริมาณแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงผลเริ่มสุกจนถึงสุกเต็มที่ และเมื่อผลเริ่มสุกงอม “overripe” ปริมาณแอนโทไซยานินจะเริ่มลดลง (Mennella et al., 2012) จากผลของการวัดหาปริมาณสาร แอนโทไซยานินของผลหว้าทั้งหมด 6 ต้น สามารถแบ่งกลุ่มตามความใกล้เคียงทางสถิติของปริมาณสารแอนโทไซยานินได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ต้นหว้ารหัสต้น 10 22 26 และ 28 มีค่าแอนโทไซยานินเฉลี่ยอยู่ในช่วง -3.96– 338.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้นหว้ารหัสต้น 35 มีค่าแอนโทไซยานินเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.92 – 320.06 มิลลิกรัมต่อลิตร และต้นหว้ารหัสต้น 19 มีค่าแอนโทไซยานินเฉลี่ยอยู่ในช่วง -0.12 – 773.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ความแตกต่างของ

ปริมาณสารแอนโทไซยานินที่วัดได้นั้นอาจมีสาเหตุได้ทั้งกระบวนการสกัดสารแอนโทไซยานินออกจากตัวอย่าง ระยะเวลาในการสกัดตัวอย่าง ระยะเวลาการเก็บรักษาสารสกัด และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

นิตยา เขียวอ่อน. (2550). **การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในลูกหว้า.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มนตรา ศรีษะแย้ม เชาวลิต พึ่งแตง อนงค์ ศรีโสภา และอรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์. (2565). ฤทธิ์ทางชีวภาพปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีจากสารสกัดลูกหว้า. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (PSRU Journal of Science and Technology)**, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2, หน้า 103–113.

สมศักดิ์ บัวทิพย์ กันทิมา เหาะเจริญ และชุติมา มัญชวินทร์. (2563). สัณฐานวิทยาและการกระจายพันธุ์ของพรรณไม้สกุลมะเมื่อย (*Gnetum*) ในจังหวัดสงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส. **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, ปีที่ 49 ฉบับที่ 3, หน้า 254–264.

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (ม.ป.ป.). **การวัดค่าความสูงของต้นไม้อย่างง่าย.** สืบค้นจาก http://localcfo.tgo.or.th/uploads/docs/6คู่มือการวัดความสูงต้นไม้เกร็ดความรู้.pdf

Aramwit, P., Bang, N., & Srichana, T. (2010). The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. **Food Research International**, 43(4), 1093–1097.

Bijauliya, R. K., Alok, S., Sabharwal, M., & Chanchal, D. K. (2018). *Syzygium cumini* (Linn.)—An overview on morphology, cultivation, traditional uses and pharmacology. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, 9(9), 3608–3620.

Chen, W.–K., He, F., Wang, Y.–X., Liu, X., Duan, C.–Q., & Wang, J. (2018). Influences of berry size on fruit composition and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. 'Cabernet Sauvignon' grapes. **South African Journal of Enology and Viticulture**, 39(1), 1–11.

Gajera, H. P., Gevariya, S. N., Hirpara, D. G., Patel, S. V., & Golakiya, B. A. (2017). Antidiabetic and antioxidant functionality associated with phenolic constituents from fruit parts of indigenous black jamun (*Syzygium cumini* L.) landraces. **Journal of Food Science and Technology**, 54(10), 3180–3191.

Mennella, G., Lo Scalzo, R., Fibiani, M., D'Alessandro, A., Francese, G., Toppino, L., et al. (2012). Chemical and bioactive quality traits during fruit ripening in eggplant (*Solanum melongena* L.) and allied species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 60(47), 11821–11831.

Zhang, L.L., & Lin, Y.M. (2009). Antioxidant tannins from *Syzygium cumini* fruit. **African Journal of Biotechnology**, 8, 2301–2309.

การออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช

The design of mobile equipments for the preparation of plant permanent slides

อรทัย หวังสันติธรรม[1*] ปวีณา โพธิ์ทอง[1] จตุพร ตั้งจิตรวิทยากูล[1] และ นุจิรา ทาตัน[1]

Orathai Wangsantitham[1*], Paweena Pothong[1], Jatuporn Tungjitwitayakul[1] and Nujira Tatun[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช เพื่อแก้ไขปัญหาความซับซ้อน ข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ และลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการทางชีววิทยา นักวิจัยได้พัฒนาชุดอุปกรณ์ใหม่ที่เน้นความสะดวกในการพกพา ความปลอดภัยของภาชนะบรรจุสารเคมี และความง่ายต่อการใช้งาน พร้อมทั้งจัดทำสื่อการสอนในรูปแบบคู่มือและวิดีโอเพื่ออธิบายขั้นตอนอย่างชัดเจน กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาคือนิสิตจำนวน 8 คนจากรายวิชา 243444 เทคนิคทางชีววิทยา ซึ่งได้ทดลองใช้ทั้งชุดอุปกรณ์เดิมและชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือแบบสอบถามความพึงพอใจที่ประเมินใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกายภาพ ด้านความปลอดภัย และด้านการใช้งาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาพบว่าชุดอุปกรณ์ใหม่ได้รับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยในระดับมากในทุกด้าน โดยด้านความปลอดภัยมีคะแนนสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.83) รองลงมาคือด้านการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.75) และด้านกายภาพ (ค่าเฉลี่ย 4.54) นอกจากนี้ ผลการทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test ยังชี้ว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดอุปกรณ์ใหม่สูงกว่าชุดอุปกรณ์เดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.018) ผลการวิจัยจึงสรุปได้ว่าชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถเพิ่มความสะดวก ปลอดภัย และลดอุปสรรคในการเรียนรู้ภาคปฏิบัติได้

คำสำคัญ: สไลด์ถาวร, เนื้อเยื่อพืช, ชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Department of Biology, School of Science, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author: orathai.wa@up.ac.th

Abstract

This research aimed to design and evaluate the effectiveness of mobile equipments for plant tissue permanent slide preparation in order to address issues related to complexity, equipment limitations, and frequent errors encountered during practical laboratory sessions in biology courses. The researcher developed a new equipments focusing on portability, the safety of chemical containment vessels, and ease of use. Instructional materials, including detailed manuals and short videos, were also created to clearly explain the procedures. The sample group consisted of eight students enrolled in the course 243444 Biological Techniques, who used and compared both the original equipments and the newly developed equipments. Data collection utilized a satisfaction questionnaire assessing three dimensions: physical aspects, safety, and usability. Descriptive statistical analysis revealed that the new equipments received a high average satisfaction score in all dimensions. The safety dimension scored the highest (Mean = 4.83), followed by usability (Mean = 4.75), and physical aspects (Mean = 4.54). Furthermore, the Wilcoxon Signed-Rank Test indicated that user satisfaction with the new equipments was significantly higher than the original equipments (p = 0.018). The research concludes that the developed mobile equipments is effective, successfully enhancing convenience, safety, and reducing barriers to practical learning.

Keywords: Permanent slide, Plant tissue, Mobile equipments

บทนำ

การทำสไลด์ถาวร เป็นวิธีสำคัญในการเก็บรักษาตัวอย่าง (เช่น เนื้อเยื่อพืช สัตว์ แมลง จุลินทรีย์) เพื่อใช้ในการศึกษาโครงสร้างของเซลล์และเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ [7, 8] วิธีนี้ช่วยให้สามารถเก็บตัวอย่างไว้ศึกษาได้เป็นเวลานาน จึงนิยมใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในหลายรายวิชาชีววิทยา เช่น ชีววิทยาทั่วไป ชีววิทยาของเซลล์ และพันธุศาสตร์ของเซลล์ กระบวนการพื้นฐานในการทำสไลด์ถาวรมี 4 ขั้นตอนหลัก คือ การทำให้เนื้อเยื่อคงรูป (fixation) การย้อมสี (staining) การดึงน้ำออก (dehydration) และการทำให้เนื้อเยื่อใสและการผนึกเนื้อเยื่อ (clearing and mounting) [5, 9] ในหลักสูตรชีววิทยามีการสอนรายวิชา 243444 เทคนิคทางชีววิทยา ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำปฏิบัติการด้วยตนเอง เพื่อให้ได้ทักษะและสามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยได้ เนื้อหาหนึ่งคือการทำสไลด์เนื้อเยื่อพืชแบบถาวรอย่างง่าย โดยใช้วิธีตัดเป็นชิ้นบางด้วยมือ (Free-hand section) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับการศึกษาเบื้องต้น [5] อย่างไรก็ตามการทำสไลด์ถาวรต้องใช้อุปกรณ์ สารเคมี และเวลาค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการเรียนภาคปฏิบัติการและห้องปฏิบัติการที่ต้องรองรับการเรียนการสอนในรายวิชาอื่น ๆ ด้วย เพื่อให้นิสิตสามารถทำปฏิบัติการได้สะดวกและต่อเนื่อง นักวิทยาศาสตร์ที่ดูแลรายวิชาจึงทำการจัดชุดอุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ ให้กับนิสิต แต่ยังมีข้อจำกัดของอุปกรณ์และสารเคมีบางขั้นตอนที่จำเป็นจะต้องทำในห้องปฏิบัติการ เช่น กล้องจุลทรรศน์ไม่เพียงพอต่อการใช้งานของนิสิต เนื่องจากมีรายวิชาอื่นใช้ร่วมด้วย จึงมีการเพิ่มอุปกรณ์ตรวจเนื้อเยื่อพืชเบื้องต้นแทน นอกจากนี้ยังพบว่าภาชนะเดิมไม่เหมาะสม ทำให้สารเคมี (เช่น Ethyl alcohol, Xylene, Mounting media ซึ่งเป็นสารไวไฟ/สารระเหย) ระเหยหรือหกได้ง่าย จึงมีการเปลี่ยนไปใช้ภาชนะที่ทนทาน ปิดสนิท หรือแบบใช้แล้วทิ้ง เพื่อให้นิสิตสามารถนำออกไปทำนอกห้องปฏิบัติการได้ จากประสบการณ์การดูแลรายวิชา 243444 เทคนิคทางชีววิทยา พบว่า นิสิตมักเกิดความผิดพลาดจากการอ่านและตีความวิธีการปฏิบัติการที่ไม่เข้าใจ (เช่น ใส่สีย้อมผิด หรือข้ามขั้นตอน) ทำให้เนื้อเยื่อเสียหายและสิ้นเปลืองสารเคมี

เพื่อแก้ไขปัญหาความผิดพลาดและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ นักวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาคู่มือปฏิบัติการที่ทันสมัย เช่น คลิปวิดีโอสั้น ๆ อธิบายวิธีการทำสไลด์ถาวร เทคนิคการตัดเนื้อเยื่อแบบ Free-hand section และข้อควรระวังในการใช้สารเคมี ซึ่งจะช่วยให้นิสิตเห็นภาพ และสามารถทำปฏิบัติการได้สะดวกแม้จะอยู่นอกห้องปฏิบัติการ การพัฒนานี้จะเริ่มต้นด้วยการทดลองชุดอุปกรณ์ทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชกับนิสิต 8 คนในรายวิชาดังกล่าว หากประสบผลสำเร็จ อาจมีการต่อยอดไปสู่การจัดจำหน่ายให้ผู้สนใจ หรือทำเป็นชุดอุปกรณ์เล็ก ๆ สำหรับครูหรือนักเรียนเพื่อขยายไปยังโรงเรียนต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายบริการวิชาการของคณะวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์การทำสไลด์เนื้อเยื่อพืชแบบถาวรด้วยวิธี Free-hand section พร้อมแนะนำวิธีการใช้งาน เพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำปฏิบัติการและลดความผิดพลาดของนิสิต

วิธีวิทยาการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 243444 เทคนิคทางชีววิทยา ปีการศึกษา 2567 ภาคเรียนที่ 3 จำนวน 8 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ซึ่งประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นแบบสอบถามที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเลือกตอบได้ตามรายการ (Check-list) จำนวน 4 ข้อ

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชเป็นการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีจำนวนข้อคำถาม 12 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

1. จัดทำแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ เกณฑ์ที่ใช้ในการแปรผลดังนี้

	5	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับมากที่สุด
	4	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับมาก
	3	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับปานกลาง
	2	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับน้อย
	1	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

2. นำแบบสอบถามฉบับร่างเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม โดยให้ตรงตามเนื้อหา การใช้ถ้อยคำ ความชัดเจนในข้อคำถาม และครอบคลุมเรื่องที่ศึกษา
3. ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ
4. การพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้รับรองการพิจารณาโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่โครงการวิจัย: HREC-UP-HSST 1.2/063/68

วิธีการศึกษา

1. จัดชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชจำนวน 8 ชุด โดยการเลือกวัสดุ อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับสารเคมีและสามารถนำไปใช้ภายนอกห้องปฏิบัติการ

2. ทำการถ่ายทำและตัดต่อวิดีโอการใช้วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทำสไลด์เนื้อเยื่อพืชแบบถาวร โดยวิธี Free-hand section

3. ชี้แจงนิสิตก่อนเข้าร่วมการทดลองการใช้ชุดอุปกรณ์การทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชจะไม่มีผลต่อคะแนนในรายวิชาใด ๆ ที่นิสิตลงทะเบียนเรียน

4. ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองใช้ชุดอุปกรณ์การทำสไลด์เนื้อเยื่อพืชแบบถาวร (ชุดเดิมและชุดที่พัฒนา) โดยนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 243444 เทคนิคทางชีววิทยา ปีการศึกษา 2567 ภาคเรียนที่ 3 มีนิสิตลงทะเบียนเรียน 8 คน ทำการทดลองใช้ชุดอุปกรณ์จำนวน 8 ชุด คิดเป็น 100% ของจำนวนผู้ลงทะเบียนเรียน

4.1 ให้นิสิตทดลองใช้ชุดอุปกรณ์การทำสไลด์เนื้อเยื่อพืชแบบถาวร (ชุดเดิม)

4.2 ให้นิสิตกลุ่มเดิมทดลองใช้ชุดอุปกรณ์การทำสไลด์เนื้อเยื่อพืชแบบถาวร (ชุดใหม่)

5. การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีการเก็บข้อมูลแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์ พร้อมทั้งชี้แจงรายละเอียดและแจ้งวัตถุประสงค์ของการตอบแบบสอบถาม โดยให้โอกาสผู้ตอบแบบสอบถามอย่างอิสระ ได้รับเวลาที่เพียงพอในการตอบคำถาม และสามารถสอบถามข้อสงสัยได้หากมีคำถามที่ไม่เข้าใจ

6. การวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้ใช้งานมาวิเคราะห์ผลและแปลผลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) เพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อการใช้งานชุดอุปกรณ์ ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการอธิบายระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานชุดอุปกรณ์ ซึ่งมีหลักเกณฑ์ การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

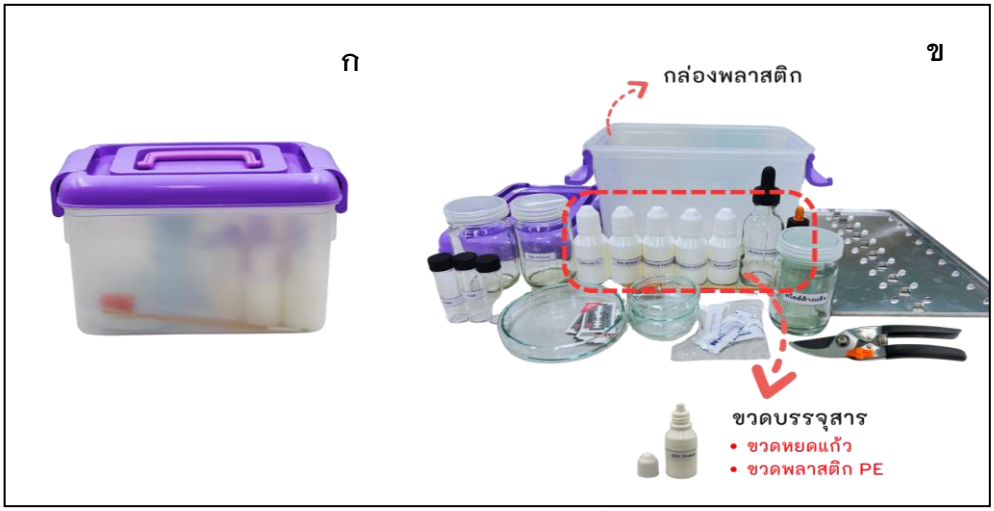
ระดับ 4.51 – 5.00	มีความพอใจอยู่ในระดับดีมาก
ระดับ 3.51 – 4.50	มีความพอใจอยู่ในระดับมาก
ระดับ 2.51 – 3.50	มีความพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับ 1.51 – 2.50	มีความพอใจอยู่ในระดับน้อย
ระดับ 1.00 – 1.50	มีความพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ในส่วนของการวิเคราะห์ผลสถิติเชิงอนุมาน ผู้วิจัยใช้การทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างชุดอุปกรณ์การทำสไลด์เนื้อเยื่อพืชแบบถาวรชุดเดิมและชุดใหม่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$

ผลการศึกษา

การศึกษาความพึงพอใจต่อชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช

ผู้วิจัยทำการจัดชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ชุดอุปกรณ์เดิม (ภาพที่ 1) และชุดอุปกรณ์ใหม่ (ภาพที่ 2) ให้กับผู้ทดลองใช้งานจำนวน 8 คน จากนั้นให้ผู้ทดลองทำแบบทดสอบในรูปแบบการประเมิน ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้ทดสอบสามารถเลือกตอบได้ตามรายการ (Check-list) จำนวน 4 ข้อ ซึ่งผลการศึกษาดังตารางที่ 1 และตอนที่ 2 เป็นการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านความปลอดภัย และ ด้านการใช้งาน โดยได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชระหว่างอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่ โดยใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test ซึ่งแสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 5



ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ชุดอุปกรณ์เดิม ลักษณะภายนอก (ก) อุปกรณ์ภายในกล่อง (ข)



ภาพที่ 2 ชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ชุดอุปกรณ์ใหม่ ลักษณะภายนอก (ก) อุปกรณ์ภายในกล่อง (ข)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

	สถานภาพทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	1	12.5
	หญิง	7	87.5
สถานะ	นิสิต	8	100.0
หลักสูตร	วท.บ. ชีววิทยา	1	12.5
	วท.บ. ชีววิทยา และ กศ.บ. การศึกษา	7	87.5
คณะ/วิทยาลัย	วิทยาศาสตร์	1	12.5
	วิทยาลัยการศึกษา	7	87.5
	อื่น ๆ	0	0

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม มีรายละเอียดดังนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 87.5 ส่วนเพศชาย จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 โดยเป็นนิสิต จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อจำแนกตามหลักสูตร พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นนิสิตหลักสูตร กศ.บ. การศึกษา จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 87.5 และเป็นนิสิตหลักสูตร วท.บ. ชีววิทยา จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และจำแนกตามคณะ/วิทยาลัย พบว่า เป็นนิสิตวิทยาลัยการศึกษา จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 87.5 เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ด้านกายภาพ (N = 8)

รายการประเมิน ด้านกายภาพ	อุปกรณ์ชุดเดิม Mean ±S.D.	อุปกรณ์ชุดใหม่ Mean ±S.D.	รวม Mean ±S.D.	ระดับความเหมาะสม
ขนาดและน้ำหนักของชุดอุปกรณ์	3.50±1.15	4.50±0.73	4.00±0.94	มาก
ความแข็งแรงของชุดอุปกรณ์	4.00±1.37	4.50±0.52	4.25±0.95	มาก
ความเรียบร้อย สวยงามของชุดอุปกรณ์	3.75±1.00	4.63±0.50	4.19±0.75	มาก
รวม	**3.75±1.17**	**4.54±0.58**	**4.15±0.88**	**มาก**

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ด้านกายภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยของขนาดและน้ำหนักของชุดอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่อยู่ที่ 3.50 และ 4.50 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.00 ซึ่งแปลผลว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ความแข็งแรงของชุดอุปกรณ์ชุดเดิมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00 อุปกรณ์ชุดใหม่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.50 โดยรวมอยู่ที่ 4.25 ซึ่งแปลว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อความแข็งแรงของชุดอุปกรณ์ทั้ง 2 ชุด อยู่ในระดับมาก และค่าเฉลี่ยของความเรียบร้อย สวยงามของชุดอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่ อยู่ที่ 3.75 และ 4.63 ตามลำดับ โดยรวมอยู่ที่ 4.19 ซึ่งแปลว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวมแต่ละรายการของชุดอุปกรณ์เดิมอยู่ที่ 3.75 และ ค่าเฉลี่ยของ

ชุดอุปกรณ์ใหม่อยู่ที่ 4.54 โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.15 ซึ่งถือว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดอุปกรณ์โดยรวมด้านกายภาพอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ด้านความปลอดภัย (N = 8)

รายการประเมิน ด้านความปลอดภัย	อุปกรณ์ชุดเดิม Mean ±S.D.	อุปกรณ์ชุดใหม่ Mean ±S.D.	รวม Mean ±S.D.	ระดับความเหมาะสม
วัสดุสามารถปิดได้อย่างมิดชิด	3.38±1.15	4.75±0.45	4.07±0.80	มาก
มีการระบุข้อควรระวังการใช้งาน	3.75±0.86	4.75±0.45	4.25±0.66	มาก
มีอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย เช่น ถุงมือยางป้องกันสารเคมี หน้ากากป้องกันสารเคมี	3.75±1.69	5.00±0.00	4.38±0.85	มาก
รวม	**3.63±1.23**	**4.83±0.30**	**4.23±0.77**	**มาก**

จากตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ด้านความปลอดภัย พบว่า ความพึงพอใจต่อการปิดฝาของวัสดุในชุดอุปกรณ์เดิมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.38 ในขณะที่ชุดอุปกรณ์ใหม่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.75 โดยรวมแล้วมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.07 ซึ่งแปลผลว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจต่อการระบุข้อควรระวังการใช้งานค่าเฉลี่ยของชุดอุปกรณ์เดิมอยู่ที่ 3.75 และ ค่าเฉลี่ยของชุดอุปกรณ์ใหม่อยู่ที่ 4.75 โดยรวมมีค่าเฉลี่ยที่ 4.25 ซึ่งแสดงว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจต่อการมีอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย เช่น ถุงมือยางป้องกันสารเคมี หน้ากากป้องกันสารเคมี ในชุดอุปกรณ์เดิมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.75 ในขณะที่ชุดอุปกรณ์ใหม่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 โดยรวมแล้วอยู่ที่ 4.38 แปลผลว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวมแต่ละรายการของชุดอุปกรณ์เดิมอยู่ที่ 3.63 และ ค่าเฉลี่ยของชุดอุปกรณ์ใหม่อยู่ที่ 4.83 โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.23 ซึ่งถือว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดอุปกรณ์โดยรวมด้านความปลอดภัยอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ด้านการใช้งาน (N = 8)

รายการประเมิน ด้านการใช้งาน	อุปกรณ์ชุดเดิม Mean ±S.D.	อุปกรณ์ชุดใหม่ Mean ±S.D.	รวม Mean ±S.D.	ระดับความเหมาะสม
ชุดอุปกรณ์สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	3.63±1.54	4.63±0.50	4.13±1.02	มาก
รูปแบบของวัสดุสามารถเปิดใช้งานได้สะดวก	3.88±1.31	4.75±0.45	4.32±0.88	มาก
ปริมาณสารเคมีที่บรรจุ	3.38±1.26	4.50±0.52	3.94±0.89	มาก
คู่มือการใช้งานมีรายละเอียดชัดเจน	3.63±1.02	5.00±0.00	4.32±0.51	มาก
วิดีโอการใช้งานมีรายละเอียดชัดเจน	3.25±1.44	5.00±0.00	4.13±0.72	มาก
ความพึงพอใจการใช้งานโดยรวม	3.50±1.03	4.63±0.50	4.07±0.77	มาก
รวม	**3.54±1.27**	**4.75±0.33**	**4.15±0.80**	**มาก**

จากตารางที่ 4 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช ด้านการใช้งาน พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.63 และ 4.63 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.13 แปลผลได้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ส่วนรูปแบบของวัสดุสามารถเปิดใช้งานได้สะดวกค่าเฉลี่ยของอุปกรณ์ชุดเดิมอยู่ที่ 3.88 ในขณะที่อุปกรณ์ชุดใหม่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอยู่ที่ 4.75 ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.32 ซึ่งแปลผลได้ว่ามีระดับความพึงพอใจมาก สำหรับความพึงพอใจของผู้ใช้งานอุปกรณ์ต่อปริมาณสารเคมีที่บรรจุค่าเฉลี่ยของอุปกรณ์ชุดเดิมอยู่ที่ 3.38 และอุปกรณ์ชุดใหม่อยู่ที่ 4.50 โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.94 สามารถแปลผลได้ว่ามีระดับความพึงพอใจมาก และความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อคู่มือการใช้งานของอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.63 และ 5.00 ตามลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.32 ซึ่งแปลผลได้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก และเช่นเดียวกันกับความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อวิดีโอการใช้งานของอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.25 และ 5.00 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.07 ซึ่งแปลผลได้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ส่วนความพึงพอใจในการใช้งานในภาพรวมของอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.50 และ 4.63 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.07 สามารถแปลผลความพึงพอใจในการใช้งานในภาพรวมอยู่ในระดับมาก สำหรับค่าเฉลี่ยรวมแต่ละรายการของชุดอุปกรณ์เดิมอยู่ที่ 3.54 และ ค่าเฉลี่ยของชุดอุปกรณ์ใหม่อยู่ที่ 4.75 โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.15 ซึ่งถือว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อชุดอุปกรณ์โดยรวมด้านการใช้งานอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชระหว่างอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่ โดยใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test

ตัวแปร	N	Mean	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)	สรุปผลการทดสอบ (α = 0.05)
ความพึงพอใจต่อการใช้อุปกรณ์ชุดใหม่>ชุดเดิม	7	4.00	-2.366[b]	0.018	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ความพึงพอใจต่อการใช้อุปกรณ์ชุดใหม่<ชุดเดิม	0	0.00			
ความพึงพอใจต่อการใช้อุปกรณ์ชุดใหม่=ชุดเดิม	1				
รวม	**8**				

b. Based on negative Ranks

จากตารางที่ 5 พบว่า ผู้ใช้งานทั้งหมด 8 คน ผู้ใช้งานจำนวน 7 คน ที่มีคะแนนความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์ชุดใหม่สูงกว่าอุปกรณ์ชุดเดิม และผู้ใช้งานจำนวน 1 คนที่มีคะแนนความพึงพอใจเท่ากันทั้งสองชุด ส่วนค่า p = 0.018 น้อยกว่า ระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α = 0.05) สามารถแปลผลได้ว่าความพึงพอใจต่อการใช้งานอุปกรณ์ชุดใหม่แตกต่างจากอุปกรณ์ชุดเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืช โดยเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้งานระหว่างชุดอุปกรณ์เดิมและชุดที่พัฒนาใหม่ กลุ่มตัวอย่างคือ นิสิตรายวิชา 243444 เทคนิคทางชีววิทยา จำนวน 8 คน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาสามารถสรุปในแต่ละด้านได้ดังนี้ ด้านกายภาพของชุดอุปกรณ์ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.15) โดยเฉพาะในด้านความแข็งแรงและความสวยงามของชุดอุปกรณ์ใหม่ ($\bar{X}$ = 4.54) ซึ่งสูงกว่าชุดอุปกรณ์เดิม ($\bar{X}$ = 3.75) ด้านความปลอดภัยของชุดอุปกรณ์ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.23) โดยชุดอุปกรณ์ใหม่มีภาชนะที่มิดชิดและมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันสารเคมี เช่น ถุงมือ หน้ากากป้องกันสารเคมี ซึ่งมีคะแนนสูงสุด ($\bar{X}$ = 5.00) และด้านการใช้งานของชุดอุปกรณ์ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.15) โดยเฉพาะในส่วนของคู่มือและวิดีโอการใช้งานที่มีความชัดเจน ($\bar{X}$ = 5.00) ช่วยให้นิสิตเข้าใจวิธีการทำสไลด์และสามารถปฏิบัติได้ถูกต้องมากขึ้น สำหรับผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานของอุปกรณ์ชุดเดิมและชุดใหม่ พบว่าค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ p = 0.018 (< 0.05) แสดงว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่ออุปกรณ์ชุดใหม่สูงกว่าอุปกรณ์ชุดเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบชุดอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับการเตรียมสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้ดี ทั้งในด้านความสะดวก ความปลอดภัย และการใช้งาน ส่งผลให้การเรียนในภาคปฏิบัติการรายวิชาเทคนิคทางชีววิทยามีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาใหม่มีความเหมาะสมและได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในทุกด้าน ซึ่งสามารถอภิปรายได้ดังนี้ ด้านกายภาพของชุดอุปกรณ์ มีขนาด น้ำหนัก ความแข็งแรงที่เหมาะสม และสามารถพกพาได้สะดวก จึงทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ผลนี้สอดคล้องกับการพัฒนาชุดอุปกรณ์การทดลองวิทยาศาสตร์แบบพกพาที่พบว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบให้มีขนาดกะทัดรัดและสะดวกต่อการพกพาช่วยเพิ่มความคล่องตัวและแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [3] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับสารเคมีในการเตรียมสไลด์ถาวรช่วยลดความเสียหายของชิ้นเนื้อและเพิ่มคุณภาพของการศึกษาทางจุลกายวิภาค [5] ในด้านความปลอดภัยของชุดอุปกรณ์ โดยชุดอุปกรณ์ใหม่ที่มีการปรับปรุงให้มีภาชนะที่ปิดมิดชิดป้องกันการรั่วซึมและการระเหยของสารเคมีไวไฟ เช่น Xylene, Ethanol และ Mounting Media รวมถึงมีอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุและการสัมผัสสารอันตราย ผลนี้สอดคล้องการจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันและภาชนะปิดสนิทในชุดการทดลองเคมีปลอดภัยสามารถลดอันตรายจากการปฏิบัติการได้อย่างมีนัยสำคัญ [4] และในด้านการใช้งานของชุดอุปกรณ์ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก โดยเฉพาะในส่วนของคู่มือและวิดีโอการใช้งาน ซึ่งช่วยให้เข้าใจขั้นตอนการทำสไลด์ถาวรได้ง่ายขึ้น ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากตีความวิธีการทำปฏิบัติการได้ยาก การจัดทำวิดีโอสาธิตการปฏิบัติการจึงช่วยลดความคลุมเครือในการตีความขั้นตอน และทำหน้าที่เป็น "การดูแลนิสิตในห้องปฏิบัติการ" แบบดิจิทัล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความผิดพลาดและเพิ่มความต่อเนื่องในการทำปฏิบัติการ และทำให้สามารถปฏิบัติได้ถูกต้อง ผลนี้สอดคล้องการใช้สื่อมัลติมีเดียช่วยเพิ่มความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และลดความผิดพลาดในการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน [1, 2] นอกจากนี้ การเพิ่มวิดีโอการสอนยังสอดคล้องกับแนวทางที่ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ผ่านการเรียนรู้แบบลงมือทำร่วมกับสื่อดิจิทัล [6] ส่วนความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาทางสถิติ แม้ว่าจะมีขนาดตัวอย่างเล็ก (N = 8) การทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test เป็นสถิติแบบนอนพาราเมตริกที่เหมาะสมกับข้อมูลแบบคู่และขนาดตัวอย่างเล็ก สามารถยืนยันความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.018) ได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อชุดอุปกรณ์ใหม่มากกว่าชุดเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นถึงความสำเร็จใน

การพัฒนาอุปกรณ์ที่ตอบโจทย์การใช้งานจริง สามารถนำไปใช้ทั้งในและนอกห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของนิสิต

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยควรมีการต่อยอดโดยการนำชุดอุปกรณ์นี้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น เช่น นิสิตในสาขาอื่น หรือครูและนักเรียนในโรงเรียน เพื่อประเมินประสิทธิภาพในบริบทที่กว้างขึ้น นอกจากนี้ อาจพิจารณาพัฒนาเป็นชุดอุปกรณ์เชิงพาณิชย์เพื่อขยายโอกาสในการเข้าถึงเครื่องมือการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้ที่สนใจ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการบริการวิชาการของคณะวิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับทุนวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา แก่นางสาวอรทัย หวังสันติธรรม สัญญาเลขที่ PBTSC67022 ผู้วิจัยขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อำนวยความสะดวกในด้านวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กนกรัตน์ วุฒิวิชาภรณ์. ผลการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับวิธีเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนทวารวดีจังหวัดนครปฐม. วารสารวิชาการ, 2562. 5(1), 657–671.
2. ปันเอก เรืองศิริกร และ นันทวรรณ จินากุล. การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบออนไลน์ของการทดสอบความปราศจากเชื้อของเภสัชภัณฑ์และการประเมินผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังของผู้เรียน. บูรพาเวชสาร, 2566. 10(1), 29–37.
3. มณีรัตน์ แสงพุทธา และคณะ. การพัฒนาชุดอุปกรณ์การทดลองวิทยาศาสตร์แบบพกพาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ. วารสารวิทยาศาสตร์ศึกษา, 2563. 44(2), 112–124.
4. วราภรณ์ ศิริพงษ์. การพัฒนาชุดการทดลองเคมีปลอดภัยสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารครุศาสตร์, 2564. 52(3), 23–34.
5. ศิวาพร ลงยันต์ และ ไพศาล สิทธิกรกุล. Microtechniques ไมโครเทคนิค. (พิมพ์ครั้งที่ 1). Samutprakarn: Advanced Printing Service Co., Ltd; 2555.
6. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2565). แนวทางการพัฒนานวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้เชิงรุกในอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
7. Bancroft JD, Gamble M (Eds.). Theory and Practice of Histological Techniques (6th ed.). Churchill Livingstone; 2008.
8. Kiernan JA. Histological and Histochemical Methods: Theory and Practice (5th ed.). Scion Publishing; 2015.
9. Presnell JK, Schreibman MP. Humason's Animal Tissue Techniques (5th ed.). Johns Hopkins University Press; 1997.

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในฤดูฝนในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง จังหวัดเชียงราย

Environmental factors affecting Chlorophyll-a in rainy season in Nong Luang wetland, Chiang Rai province

ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์[1] กิตติชัย จันธิมา[1] และ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง[1*]

Tippawan Prasertsin[1], Kittichai Chantima[1] and Krittawit Suk-ueng[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีโดยดำเนินการสำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างในฤดูฝนในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง จังหวัดเชียงราย ในวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2568 จำนวน 10 จุด ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มแสง ความลึกที่แสงส่องถึง อุณหภูมิน้ำ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในช่วง 830-73,400 ลักซ์, 0.39-1.40 เมตร, 29.10-32.40 องศาเซลเซียส, 80.11-159.50 มิลลิกรัมต่อลิตร, 7.01-8.34, 1.00-8.20 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.08-5.06 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สัดส่วนความแปรปรวน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ($p<0.01$)

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนพืช, คลอโรฟิลล์, พื้นที่ชุ่มน้ำ

Abstract

The objective of this study was to analyze the correlation between chlorophyll-a and physicochemical water quality through a field survey and water sample collection during the rainy season in Nong Luang wetland, Chiang Rai Province on 14 September 2025 at ten locations. The results found that light intensity, secchi depth, water temperature, total dissolved solids, pH, dissolved oxygen, and chlorophyll-a concentration ranged from 830-73,400 Lux, 0.39-1.40 m., 29.10-32.40 °C, 80.11-159.50 mg/L, 7.01-8.34, 1.00-8.20 mg/L and 0.08-5.06 µg/L, respectively. The results of redundancy analysis and Pearson's correlation coefficient between chlorophyll-a concentration and physicochemical water quality indicated that the variations in chlorophyll-a concentration exhibited a statistically significant correlation with pH ($p<0.01$).

Keywords: Phytoplankton, Chlorophyll, Wetland

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[1] Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai 57100

*Corresponding author: nsukung@gmail.com

บทนำ

หนองหลวงเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ของจังหวัดเชียงรายจัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับชาติ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ 2 อำเภอ คือ อำเภอเวียงชัย และอำเภอเมืองเชียงราย มีพื้นที่ประมาณ 9,000 ไร่ สภาพพื้นที่จัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่มีการไหลเวียนไม่ต่อเนื่อง (Lentic environment series) โดยมีการไหลของน้ำในทางน้ำเฉพาะฤดูน้ำหลากเท่านั้น ส่วนในฤดูแล้งหนองหลวงมีลักษณะสภาพเป็นพื้นที่น้ำท่วมขัง แต่บางบริเวณน้ำตื้นเขิน และน้ำแห้งขอดซึ่งในอดีตหนองหลวงเคยจัดเป็นแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงโดยมีลักษณะพื้นที่เป็นน้ำสลับกับพื้นที่เกาะ จำนวน 8 เกาะ ต่อมาได้มีการปรับปรุงและพัฒนาหนองหลวงบนแนวคิดเชิงเศรษฐกิจโดยมีการพัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว เช่น วัด แพร้านอาหาร จุดชมวิว จุดให้อาหารปลา รวมถึงมีการสร้างคันเก็บกักน้ำปิดกั้นหนองหลวง การสร้างฝาย และการเกษตรสมัยใหม่ที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการผลิต ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นหากไม่มีการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบจากหลายหน่วยงาน คนในชุมชน และนักท่องเที่ยวอาจก่อให้เกิดปัญหาเชิงระบบนิเวศได้ (วิทยา มาสะ, 2558)

คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญแสดงถึงสถานภาพของแหล่งน้ำโดยมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำตั้งแต่ผู้ผลิตขั้นต้นจนถึงสัตว์น้ำขนาดใหญ่ ในบริบทของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตร้อน ฤดูฝนเป็นช่วงเวลาที่ระบบนิเวศมีการเชื่อมต่อทางอุทกวิทยาสูงที่สุด ทำให้เกิดการพัดพาสารอาหารจากพื้นที่ลุ่มน้ำโดยรอบเข้าสู่แหล่งน้ำอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชและปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ เพิ่มขึ้น และแสดงความแปรผันเชิงพื้นที่อย่างชัดเจน ลักษณะดังกล่าวสะท้อนศักยภาพความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศในฤดูฝนได้ดีกว่าฤดูกาลอื่น (Kuo, 2025) คลอโรฟิลล์-เอ เป็นรงควัตถุที่อยู่ในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชซึ่งการใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำโดยการวิเคราะห์สัดส่วนความแปรปรวน (Redundancy analysis: RDA) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบคาโนนิคอล (Canonical Correspondence Analysis: CCA) เพื่ออธิบายความสำคัญในเชิงปริมาณของคุณภาพน้ำที่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ สามารถศึกษาความสัมพันธ์เชิงซ้อนระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ (Li et al., 2020; Zhang et al., 2021) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในช่วงฤดูฝนของปี พ.ศ. 2568 ในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวงโดยใช้การวิเคราะห์สัดส่วนความแปรปรวน เพื่อเป็นข้อมูลในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำโดยใช้การวิเคราะห์สัดส่วนของความแปรปรวนในฤดูฝนในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง จังหวัดเชียงราย

วิธีวิทยาการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง จังหวัดเชียงราย เนื่องด้วยหนองหลวงเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ของจังหวัดเชียงรายจัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับชาติ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ 2 อำเภอ คือ อำเภอเวียงชัย และอำเภอเมืองเชียงราย มีพื้นที่ประมาณ 9,000 ไร่ สภาพพื้นที่จัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่มีการไหลเวียนไม่ต่อเนื่อง โดยมีการไหลของน้ำในทางน้ำเฉพาะฤดูน้ำหลากเท่านั้น (วิทยา มาสะ, 2558) การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำรอบพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง จังหวัดเชียงราย พิจารณาจากความหลากหลายของการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมมนุษย์ในพื้นที่โดยรอบ เพื่อสะท้อนแหล่งกำเนิดสารอาหารที่แตกต่างกันโดยครอบคลุมพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตร และพื้นที่กึ่งธรรมชาติ เพื่อแสดงความแปรผันเชิงพื้นที่ของระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Kuo, 2025) และรองรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อม และ

ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ การวิจัยครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำโดยรอบพื้นที่หนองหลวง ในวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2568 จำนวน 10 จุด (ภาพที่ 1) ประกอบด้วยบริเวณหมู่บ้านหนองหลวง (จุดที่ 1) บริเวณทุ่งหญ้าธรรมชาติและนาข้าว (จุดที่ 2) บริเวณพื้นที่ลุ่ม สวนมะละกอ และสวนยูคาลิปตัส (จุดที่ 3) บริเวณทุ่งหญ้าธรรมชาติ กล้วย ข้าวโพด และนาข้าว (จุดที่ 4) บริเวณโครงการอนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำพร้อมระบบกระจายน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ หมู่ที่ 20 ตำบลห้วยสัก (จุดที่ 5) บริเวณพื้นที่ลุ่ม และนาข้าว (จุดที่ 6) บริเวณหมู่บ้านสมานมิตร พื้นที่ป่าผลัดใบ สวนยูคาลิปตัส ไร่ข้าวโพด และนาข้าว (จุดที่ 7) บริเวณวัดป่าขันติอุดมธรรม และไร่ข้าวโพด (จุดที่ 8) บริเวณไร่มันสำปะหลัง (จุดที่ 9) และบริเวณพื้นที่สาธารณะ (พระพุทธศรีไชยปราการ) และไร่มันสำปะหลัง (จุดที่ 10)



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563; QGIS Development Team, 2025)

2. การเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี

2.1 ศึกษาคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี ได้แก่ ความเข้มแสง (Light intensity) โดยใช้ Lux meter (ยี่ห้อ Guarda รุ่น FX-101) ความลึกที่แสงส่องถึง (Secchi's depth) โดยใช้ Secchi's disc อุณหภูมิน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total dissolved solids: TDS) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องมัลติพารามิเตอร์ ยี่ห้อ Eutech รุ่น PCD 650 และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen: DO) โดยใช้วิธี Iodometric แบบ azide modification method (Greenberg et al., 2005) รวมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใส่ในขวดโพลีเอทิลีนที่ระดับความลึก 0.5 เมตร จากผิวน้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Ethanol method (Nusch, 1980)

2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี

1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีโดยใช้การวิเคราะห์สัดส่วนของความแปรปรวนในโปรแกรมสถิติ R (R Core Team, 2025)

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในโปรแกรมสถิติ R (Crawley, 2005)

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง จำนวน 10 จุดเก็บตัวอย่าง (N1-N10) พบว่าค่าความเข้มแสงอยู่ในช่วง 830-73,400 ลักซ์ ความลึกที่แสงส่องถึงอยู่ในช่วง 0.39-1.40 เมตร อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 29.10-32.40 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 80.11-159.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.01-8.34 และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 1.00-8.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ อยู่ในช่วง 0.08-5.06 ไมโครกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีในพื้นที่หนองหลวง

จุดเก็บตัวอย่าง	ความลึกที่แสงส่องถึง (เมตร)	อุณหภูมิน้ำ (°C)	ความเข้มแสง (ลักซ์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (mg/L)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/L)	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ (µg/L)
N1	0.60	29.30	68,000.00	7.01	159.50	1.00	1.39
N2	0.91	30.70	18,300.00	7.29	143.90	3.20	0.08
N3	0.60	29.30	24,000.00	7.43	135.40	2.00	2.11
N4	0.39	29.10	12,400.00	7.63	125.30	2.80	1.40
N5	0.49	31.10	26,500.00	7.99	114.70	8.20	4.92
N6	0.60	30.30	13,290.00	7.86	122.20	1.60	5.06
N7	0.70	32.40	73,400.00	8.34	119.30	3.80	4.83
N8	1.10	31.00	40,700.00	7.90	93.67	3.20	1.18
N9	0.60	29.90	3,000.00	7.15	80.11	1.60	0.51
N10	1.40	30.30	830.00	7.32	107.30	2.80	1.18

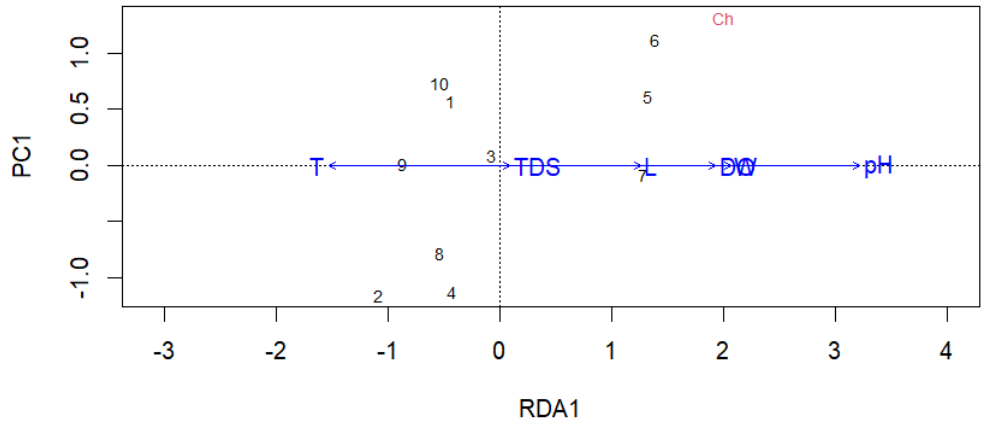
ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ มีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) และอุณหภูมิน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี และปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ

	Ch-a	T	W	L	pH	TDS	DO
Ch-a	1						
T	0.30120	1					
W	0.14800	0.43230	1				
L	0.39930	0.68150	0.25560	1			
pH	0.00936**	0.75380	0.01457*	0.35680	1		
TDS	0.95170	0.47140	0.43030	0.24330	0.49820	1	
DO	0.18170	0.81610	0.11240	0.91800	0.09453	0.65380	1

หมายเหตุ: Ch-a คือ คลอโรฟิลล์-เอ; T คือ ความลึกที่แสงส่องถึง; W คือ อุณหภูมิน้ำ; L คือ ความเข้มแสง; pH คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง; TDS คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด; DO คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ; **Significance level of 0.01; *Significance level of 0.05

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนความแปรปรวนระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี (ภาพที่ 2) พบว่ามีส่วนที่สามารถอธิบายได้ร้อยละ 69.84 และส่วนที่ไม่สามารถอธิบายได้ร้อยละ 30.16 (ตารางที่ 3) โดยปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมากกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิน้ำ โดยเฉพาะจุดที่ N5 ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่างสูง ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ สูง (4.92 μg/L) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนความแปรปรวนระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์สัดส่วนของความแปรปรวนระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี

	Inertia	Proportion
Total	3.687	1.000
Constrained	2.575	0.6984
Unconstrained	1.112	0.3016

สรุปผลและอภิปรายผล

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุหลักในคลอโรพลาสต์พบมากที่ใบของพืช นอกจากนี้ยังพบได้ในสาหร่ายเกือบทุกชนิด สาหร่ายทุกชนิดมีคลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุหลักซึ่งเป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงขั้นต้น (Primary photosynthetic pigment) ซึ่งสามารถดูดกลืนพลังงานแสงด้วยตนเอง ดังนั้นคลอโรฟิลล์ เอ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ จุดที่ N5 และ N6 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ มาก อาจเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวรับน้ำจากพื้นที่ชุมชน และนาข้าว (ภาพที่ 1) ซึ่งอาจมีสารอาหารจากการซักล้าง และการใช้ปุ๋ยในการทำนาข้าวในปริมาณมากกว่าจุดอื่น ทำให้มีแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน หรือออร์โธฟอสเฟตในน้ำในปริมาณมากซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ (ธนิษฐา มาลัยวรรณ, 2553; ปริญญา มูลสิน, 2555; กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ และลลิตา ช่วงบุญ, 2560) ผลการวิเคราะห์สัดส่วนความแปรปรวนและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างปริมาณคลอโรฟิส์-เอ และคุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมี พบว่าปริมาณคลอโรฟิล์-เอ มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมากกับค่าความเป็นกรด-ด่าง เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำมีปริมาณลดลง ส่งผลให้ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ และลลิตา ช่วงบุญ (2560) ที่รายงานว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อคลอโรฟิลล์ เอ คือ ความเป็นกรด-ด่าง อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ แอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต (Chapman and Chapman, 1975; Wetzel, 2001) เนื่องจากสารอาหารดังกล่าวจะเข้ามาปะปนอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยเกิดจากน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน ภาคการเกษตรที่ใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในรูปของออร์โธฟอสเฟตเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืช หากพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวงมีปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำมากจะทำให้พืชน้ำและสาหร่ายเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) โดยทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำแย่งใช้ออกซิเจนในเวลากลางคืน ส่งผลให้สัตว์น้ำตายเพราะขาดออกซิเจนได้ (ธนิศรา อินทโสตถิ, 2549) ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเฝ้าระวังและติดตามการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวงได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สัญญาเลขที่ B368022 เรื่อง การใช้แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกร่วมกับแพลงก์ตอนพืชและคลอโรฟิลล์ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ชุ่มน้ำหนองหลวง จังหวัดเชียงราย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). **LU_CRI_2563.** (Shapefile). กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ และลลิตา ช่วงบุญ. (2560). ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำหนองเล็งทราย จังหวัดพะเยา. **ใน นีรนุช ภาชนะทิพย์ (บ.ก.), รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 55 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** (น. 713–720). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนิศรา อินทโสตถิ. (2549). **ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำในบริเวณลุ่มน้ำคำ จังหวัดเชียงราย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธนิษฐา มาลัยวรรณ. (2553). **ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลประเทศไทยและอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึมประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปริญญา มูลสิน. (2555). **ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหนผ่านจังหวัดอุบลราชธานี**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วิทยา มาสะ. (2558). **การจัดการความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์น้ำในหนองหลวงภายใต้ภูมิสังคมชุมชนสมานมิตร ตำบลดอนศิลา อำเภอเวียงชัย จังหวัดเชียงราย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Chapman VJ, Chapman DJ. (1975). **The algae**. London: The Macmillan Press.

Crawley JM. (2005). **Statistics: An introduction using R.** Chichester: John Wiley & Sons.

Greenberg AE, Clescerri LS, Eaton AD. (2005). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC: American Public Health Association (APHA).

Kuo Y–M, Chen Y–H, Chiu Y–T, Lin T–F. (2025). Water quality and physicochemical conditions drive chlorophyll–a concentrations in two connected subtropical off–stream reservoirs. **SustainEnvironRes**, 35(15). 1–18.

Li Y, Meng J, Zhang C, Ji S, Kong Q, Wang R, Liu J. (2020). Bottom–up and top–down effects on phytoplankton communities in two freshwater lakes. **PloseOne**, 15(4), e0231357.

Nusch EAE. (1980). Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment. **ArchivHydrobiol**, 14, 14–36.

QGIS Development Team. (2025). **QGIS Geographic Information System**. Available from http://www.qgis.org/en/site/

R Core Team. (2025). **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

Wetzel RE. (2001). **Limnology**. London: Academic Press.

Zhang M, Dong J, Gao Y, Liu Y, Zhou C, Meng X, Li X, Li M, Wang Y, Dai D, Lv X. (2021). Patterns of phytoplankton community structure and diversity in aquaculture ponds, Henan, China. **Aquacult**, 544, 737078.

การประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาวะภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน

Independent study title: Assessment of drought change in the Northeastern region of Thailand using the Standardized Precipitation Index (SPI)

พิชญ์ชญิศา บุญใส[1] แพรวพรรณ นันตาวิวัฒน์[1] ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2] และ สุจิตรา รัตน์จิรานุกูล[3*]

Pichayisa Boonsai[1], Praewpun Nuntawiwat[1], Panupat Chaiworn [2] and Sujittra Ratjiranukool[3*]

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้รูปแบบปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงไปโดยปริมาณน้ำฝนที่ลดลงนำไปสู่ภาวะความแห้งแล้งที่ยาวนานและรุนแรงมากขึ้น ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ประเมินสภาวะภัยแล้งได้ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศความละเอียดสูง ภายใต้สถานการณ์สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับสูง การประมาณค่าดัชนีน้ำฝนมาตรฐานในงานวิจัยนี้แบ่งพิจารณาช่วงเวลาทั้งหมด 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 3, 6, 9 และ 12 เดือน เพื่อใช้ในการประเมินโอกาสการเกิดสภาพภัยแล้ง โดยเปรียบเทียบค่าดัชนีน้ำฝนมาตรฐานระหว่างช่วงปีฐาน (ค.ศ. 1980–2000) กับการคาดการณ์ในช่วงปีอนาคต (ค.ศ. 2079–2099) เมื่อพิจารณาค่าดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน ≤ −2 ซึ่งบ่งบอกถึงสภาวะภัยแล้งที่รุนแรงที่สุด พบว่าในช่วงปีอนาคต โอกาสการเกิดภาวะภัยแล้งรุนแรงที่สุดลดลง เมื่อวิเคราะห์ด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน 3 เดือน และ 9 เดือน ในขณะที่โอกาสการเกิดภาวะภัยแล้งรุนแรงที่สุดเพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์ด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน 6 เดือน และ 12 เดือน ลักษณะของผลลัพธ์ที่สวนทางกันเกิดจากปริมาณฝนในอนาคตมีแนวโน้มตกหนักในช่วงเวลาสั้น ๆ แต่ไม่ต่อเนื่องตลอดฤดูกาลหรือตลอดปี ทำให้ค่า SPI ระยะสั้นดูเหมือนว่าความรุนแรงลดลง ขณะที่ค่า SPI ระยะยาวยังสะท้อนสภาวะภัยแล้งที่รุนแรงมากขึ้น และจากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้ง พบว่าเมื่อพิจารณาค่าดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน 3 เดือน ≤ −1 สภาวะภัยแล้งมีโอกาสเกิดเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ โดยพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนมีบริเวณกว้างกว่าในฤดูฝน

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[3] ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science (Science Teaching), Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[2] Department of Physic and General Science, Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[3] Department of Physics and Materials Science, Faculty of science Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

*Corresponding author: sujittra.r@cmu.ac.th

Abstract

Climate change is altering precipitation patterns, resulting in decreased rainfall and consequently, more prolonged and intense droughts. One of the techniques used to estimate drought conditions is the Standardized Precipitation Index (SPI). This study examines changes in drought conditions in northeastern Thailand using rainfall data from a high-resolution climate model, the Non-Hydrostatic Regional Climate Model (NHRCM), under the high greenhouse gas emissions, Representative Concentration Pathway 8.5 (RCP8.5) scenario. In this study, SPI was estimated for the baseline period (1980–2000) and projected period (2079–2099) across four-time intervals, i.e., 3, 6, 9, and 12 months to assess the drought conditions. Based on the SPI values of ≤ -2, which indicate the most severe drought conditions, the analysis of SPI3 and SPI9 suggests a decrease in the likelihood of severe drought events in future periods. However, SPI6 and SPI12 analyses indicate an increased likelihood of such conditions. The contrasting pattern of results arises from the tendency of future rainfall to occur in short, intense bursts rather than being evenly distributed throughout the season or the year. As a consequence, short-term SPI values appear to indicate reduced drought severity, whereas long-term SPI values continue to reflect increasingly severe drought conditions. Spatial analysis of drought conditions (SPI3 ≤ -1) reveals an overall increase in drought occurrences across the region, with areas affected by drought during the winter and summer being more extensive than those during the rainy season.

บทนำ

ความแห้งแล้งถือเป็นภัยธรรมชาติที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของผู้คนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะระบบการเพาะปลูกพืชประจำปี และต่อปริมาณน้ำที่จำเป็นสำหรับการอุปโภคบริโภค จากรายงานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ระบุว่าสถานการณ์ภัยแล้งรุ่นแรงที่เกิดขึ้นในช่วงปลายปี พ.ศ. 2547 ต่อเนื่องมาถึงปี พ.ศ. 2548 ครอบคลุม 63 จังหวัดของประเทศไทย ได้ส่งผลทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงร้อยละ 16.6 โดยพืชที่ได้รับผลกระทบมากคือ อ้อยโรงงาน ข้าว มันสำปะหลัง และไม้ผล นอกจากนี้ในปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่จำนวน 30 อ่างของประเทศ ในช่วงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2547 ถึงเดือนมกราคมปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณลดลงมากกว่าร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปี พ.ศ. 2546 ต่อเนื่องมาถึงปี พ.ศ. 2547

ภัยแล้งในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากฝนแล้งและทิ้งช่วง ซึ่งฝนแล้งเป็นภาวะที่ปริมาณฝนตกน้อยกว่าปกติหรือฝนไม่ตกตามฤดูกาล โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มจะประสบภัยแล้งมากที่สุด ฝนจะเริ่มลดลงตั้งแต่เดือนตุลาคมเป็นต้นไป และจะยังคงลดปริมาณลงต่อเนื่อง จนกระทั่งเข้าสู่ฤดูฝนในกลางเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ปัญหาภัยแล้งลักษณะนี้มักเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี และมีแนวโน้มว่าจะรุนแรงขึ้นตามสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกที่มีความแปรปรวนและซับซ้อน ส่งผลกระทบที่เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะกับชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน แต่ยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศในด้านการเกษตรกรรมซึ่งเป็นอาชีพหลักของผู้คนในภาคนี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาคุณลักษณะและวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดภัยแล้งในอนาคตที่อาจเกิดเพื่อเฝ้าระวัง และเพื่อเตรียมความพร้อมในการป้องกันความเสียหายจากภัยแล้ง

ปัจจุบันมีวิธีการสำหรับการประเมินความแห้งแล้งหลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้การศึกษาจะพิจารณาความแห้งแล้งโดยการใช้ประยุกต์ใช้กับดัชนีฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index; SPI) เนื่องจากเป็นดัชนีที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการประเมินความแห้งแล้ง โดยการเปรียบเทียบปริมาณฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ (เช่น 1, 3, 6, หรือ 12 เดือน) กับค่าเฉลี่ยระยะยาว โดยใช้ค่าเป็นมาตรฐาน (z-score) ที่บ่งชี้ระดับของความแห้งแล้งหรือความชื้นในพื้นที่ หาก SPI มีค่าลบหมายถึงฝนน้อยกว่าปกติ (แห้งแล้ง) ส่วนค่าเป็นบวกหมายถึงฝนมากกว่าปกติ (ชื้นมาก) SPI จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการติดตามสภาพภัยแล้งและวางแผนการจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แบบจำลองสภาพอากาศ NHRCM (Non-Hydrostatic Regional Climate Model) ซึ่งพัฒนาโดยสถาบันวิจัยทางอุตุนิยมวิทยาของญี่ปุ่น (Meteorological Research Institute – MRI) ได้รับการออกแบบเพื่อจำลองสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคโดยเฉพาะ ซึ่งช่วยให้สามารถศึกษาและทำนายผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ
ได้อย่างละเอียดและแม่นยำ อีกทั้งแบบจำลองถูกนำมาใช้ภายใต้สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด หรือ RCP8.5 (Representative Concentration Pathways 8.5) ซึ่งเป็นชุดของสถานการณ์ที่คาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงสุด เพื่อประเมินความเสี่ยงสูงสุดของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยถูกพัฒนาโดย Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) เพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ซึ่งช่วยให้การวางแผนรับมือมีความรอบคอบยิ่งขึ้น

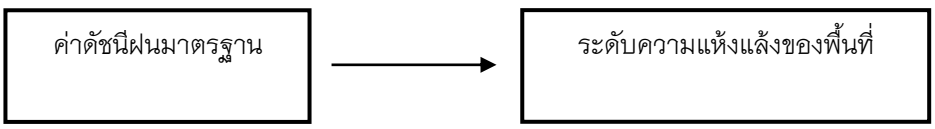
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดภัยแล้งในอนาคตจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างช่วงปีฐาน (ค.ศ. 1980–2000) กับการคาดการณ์ในช่วงปีอนาคต (ค.ศ. 2079–2099) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแบ่งพิจารณาช่วงเวลาทั้งหมด 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 3, 6, 9 และ 12 เดือน
2. เพื่อจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยแล้งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กรอบแนวคิด

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ค่าดัชนีฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index; SPI) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินความแห้งแล้ง โดยเป็นการเปรียบเทียบปริมาณฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ (เช่น 1, 3, 6, หรือ 12 เดือน) กับค่าเฉลี่ยระยะยาว โดยใช้ค่าเป็นมาตรฐาน (z-score) ที่บ่งชี้ระดับของความแห้งแล้งหรือความชื้นในพื้นที่ ผู้วิจัยสามารถพัฒนากรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ดัชนีความแห้งแล้ง

ดัชนีฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index: SPI) ถูกพัฒนาโดย McKee et al. (1993) เพื่อใช้ติดตามและประเมินภาวะแล้งในช่วงเวลาต่างๆ โดยอ้างอิงจากปริมาณฝนสะสมในช่วง 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน ไปจนถึง 72 เดือน โดยทั่วไป ปริมาณฝนมีการกระจายในลักษณะของ Gamma distribution แต่เนื่องจากการคำนวณค่า SPI อาศัยปริมาณฝนรวมเป็นหลัก จึงนำค่าฝนรวมมาคำนวณหาฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability Density Function) แล้วทำการแปลงเป็นค่าปกติมาตรฐาน Z-score ซึ่งจะได้ค่า SPI ที่ต้องการ

ฟังก์ชันหนาแน่นน่าจะเป็นแบบแกมมา (Gamma probability density function)

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, \quad \text{เมื่อ } x > 0$$

โดยที่ $\alpha > 0$, $\beta > 0$ และ $x > 0$

- α หมายถึง shape parameter
- β หมายถึง scale parameter
- x หมายถึง ปริมาณฝน

โดยค่าประมาณของ α และ β คือ $\hat{\alpha} = \frac{1}{4A}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}}\right)$

และ $\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}$

เมื่อ n หมายถึงจำนวนข้อมูลฝน

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

ฟังก์ชันหนาแน่นน่าจะเป็นสะสม

$$G(x) = \int_0^x g(x)\,dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}}\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}}\,dx$$

$$t = \frac{x}{\hat{\beta}}$$

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^t t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t}\,dt$$

และเนื่องจาก Gamma function จะหาค่าไม่ได้เมื่อ x = 0 (ไม่มีฝนตก) ซึ่งจากเกณฑ์อากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งกำหนดว่าไม่มีฝน เมื่อปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 0.1 มิลลิเมตร [4] ดังนั้น ฟังก์ชันหนาแน่นน่าจะเป็นสะสม คือ

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

เมื่อ q คือ ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีรายงานฝนตก และประมาณค่า q ให้เท่ากับ m/n เมื่อ m เป็นจำนวนวันที่ไม่มีฝนตก n หมายถึงจำนวนวันทั้งหมดที่สนใจ จากนั้นทำการแปลง H(x) ให้เป็นค่าปกติมาตรฐาน ที่มีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน 1 ซึ่งคือค่า SPI นั่นเอง การประมาณค่า SPI โดยใช้สูตรดังนี้

สูตรสำหรับคำนวณค่า SPI (Z) คือ

$$Z = SPI = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), \quad \text{เมื่อ } 0 < H(x) \leq 0.5$$

$$Z = SPI = +\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), \quad \text{เมื่อ } 0.5 < H(x) \leq 1$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)}, \quad \text{เมื่อ } 0 < H(x) \leq 0.5$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1 - H(x))^2}\right)}, \quad \text{เมื่อ } 0.5 < H(x) \leq 1$$

ค่าคงที่สำหรับการคำนวณ:

$$c_0 = 2.515517 \qquad d_1 = 1.432788$$

$$c_1 = 0.802853 \qquad d_2 = 0.189269$$

$$c_2 = 0.010328 \qquad d_3 = 0.001308$$

สำหรับเกณฑ์การจำแนกระดับความรุนแรงของดัชนี SPI ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเกณฑ์การแบ่งระดับความรุนแรงของดัชนี SPI

ค่าดัชนี SPI	ระดับความรุนแรง
มากกว่าหรือเท่ากับ 2	ชื้นมากที่สุด
1.50 ถึง 1.99	ชื้นมาก
1.00 ถึง 1.49	ชื้นปานกลาง
-0.99 ถึง 0.99	ใกล้เคียงค่าปกติ
-1.00 ถึง -1.49	แล้งปานกลาง
-1.50 ถึง -1.99	แล้งรุนแรง
น้อยกว่าหรือเท่ากับ -2	แล้งรุนแรงที่สุด

Representative Concentration Pathways (RCP)

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ได้พัฒนาแนวทางการจำลองสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เรียกว่า Representative Concentration Pathways (RCP) ซึ่งถูกนำมาใช้ในรายงานการประเมินครั้งที่ 5 (The Fifth Assessment Report: AR5) แนวคิดของ RCPs อาศัยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศเป็นตัวกำหนด จากนั้นประเมินว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศอย่างไร ซึ่งแนวทางนี้ช่วยให้สามารถศึกษาผลกระทบในระดับต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ

ในรายงาน AR5 มีการกำหนดสถานการณ์จำลอง 4 รูปแบบ โดยใช้ค่าการเปลี่ยนแปลงของการแผ่รังสี (Radiative Forcing) เป็นตัวกำหนดหลัก ประกอบด้วย RCP2.6, RCP4.5, RCP6 และ RCP8.5 โดยตัวเลขที่กำกับท้ายชื่อแต่ละแบบหมายถึงค่าการแผ่รังสีสุทธิที่คาดการณ์ในปี ค.ศ. 2100 เมื่อเทียบกับช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรม ดังตารางที่ 2 (Cruz & Sasaki, 2017)

ตารางที่ 2 Representative Concentration Pathways (RCPs)

RCP 8.5	เส้นทางของการเพิ่มขึ้นของการแผ่รังสีจนถึง 8.5 W/m² ในปี 2100
RCP 6	ภาวะคงตัวโดยไม่มีการเพิ่มขึ้นเกินค่าที่กำหนดที่ 6 W/m² หลังจากปี 2100
RCP 4.5	ภาวะคงตัวโดยไม่มีการเพิ่มขึ้นเกินค่าที่กำหนดที่ 4.5 W/m² หลังจากปี 2100
RCP 2.6	จุดสูงสุดของการแผ่รังสีที่ประมาณ 3 W/m² ก่อนปี 2100 และลดลงหลังจากนั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทวินทร์ โจมทา (2549) ได้ศึกษาดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยวิธี AI, PDSI, SPI และ D (Drought Index) ในคาบ 10 ปี พ.ศ. 2536 – 2545 พบว่าในปี 2536 และ 2541 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับหนึ่งและสองตามลำดับ เมื่อพิจารณาแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดรรชนี พบว่าแผนที่แสดงความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI ให้ค่าใกล้เคียงกับแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุด แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนีที่มีค่าใกล้เคียงกับแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งซึ่งได้จัดลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ AI, D, SPI และ PDSI ตามลำดับ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2006)

ชลาลัย แจ่มผล (2547) ศึกษาความรุนแรงของภัยแล้งในประเทศไทย โดยได้วิเคราะห์หาความรุนแรงของภัยแล้ง รวมทั้งลักษณะความต่อเนื่องของภัยแล้งในแต่ละภาคของประเทศ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2498 ถึง พ.ศ. 2546 จากสถานีตรวจอากาศ 63 สถานีทั่วประเทศ โดยใช้วิธี Standardize Precipitation Index (SPI) จากผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของภัยแล้ง พบว่า ในช่วง 3 เดือน ปีที่มีภัยแล้งปานกลางจนถึงรุนแรงที่สุด ได้แก่ ปี พ.ศ. 2523, 2522, 2537, 2502 และ 2498 ตามลำดับ ในช่วงเวลา 6 เดือน ปีที่มีภัยแล้งปานกลางจนถึงรุนแรงที่สุด ได้แก่ ปี พ.ศ. 2526, 2522, 2535, 2503, 2523, 2541 และ 2506 ตามลำดับ ในช่วง 12 เดือน ปีที่มีภัยแล้งปานกลางจนถึงรุนแรงที่สุด ได้แก่ ปี พ.ศ. 2522, 2536, 2535, 2520, 2541 และ 2540 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ความต่อเนื่องของภัยแล้งในปีที่แห้งแล้งรุนแรง โดยวิเคราะห์หาจำนวนปีที่มีจำนวนสถานีที่มีค่า SPI ต่ำกว่า –1 ในช่วง 12 เดือนมากที่สุด ตามลำดับ ได้แก่ ปี พ.ศ. 2522, 2536, 2536, 2520 และ 2541 พบว่ามีความต่อเนื่องต่างกันออกไป โดยในปี พ.ศ. 2522 และ 2541 เป็นปีที่วิเคราะห์ได้ถึงความต่อเนื่องของการขยายความรุนแรงของฝนแล้งค่อนข้างชัดเจน ตั้งแต่ช่วง 3 เดือน 6 เดือน และ 12 เดือนตามลำดับ (แจ่มผล, 2547)

คชา เชษฐบุตร (2551) ได้วิเคราะห์ภาวะภัยแล้งในจังหวัดภาคตะวันออกระหว่างปี พ.ศ. 2518–2548 โดยใช้ดัชนี SPI (Standardized Precipitation Index) อิงตามการคำนวณปริมาณน้ำฝนระดับจังหวัดทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ซึ่งผลการศึกษาระดับภัยแล้งรายปี โดยใช้ดัชนี SPI–12M (December) พบว่ามีปีปัญหาภัยแล้งก่อนข้างรุนแรงเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2520, 2522, 2524, 2529, 2532, 2535, 2540 และ 2544 สำหรับผลการวิเคราะห์การผันแปรรายเดือนของค่า SPI ระยะ 3, 6, 12 เดือน พบว่าค่า SPI ระยะ 3 เดือนอาจผันแปรไปได้อย่างมากในช่วงเวลาสั้น ๆ แสดงถึงความอ่อนไหวของดัชนี ขณะที่ดัชนี SPI ระยะ 6 และ 12 เดือนมีการผันแปรของข้อมูลที่ช้ากว่าโดยเฉลี่ย แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองที่ช้ากว่า แต่จะเป็นตัวบ่งบอกถึงการผันแปรของปริมาณน้ำฝนในระดับฤดูกาลหรือระดับปีได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการผันแปรของค่า SPI ระยะ 12 เดือนช่วงที่เกิดความแห้งแล้งรุนแรงมีความสอดคล้องเป็นอย่างมากกับช่วงของการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino) ในเขตมหาสมุทรแปซิฟิก แสดงให้เห็นว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวมีอิทธิพลที่สูงต่อการผันแปรของปริมาณน้ำฝนระยะยาวของจังหวัดนครราชสีมา สำหรับการวิเคราะห์การผันแปรของระดับภัยแล้งเชิงพื้นที่ ในที่นี้เน้นไปที่การศึกษาภัยแล้งที่เกิดในช่วงฤดูเพาะปลูกของจังหวัด (พฤษภาคม–ตุลาคม) ดังนั้นจึงใช้ดัชนี SPI แบบ 3M (July and October) 6M (October) และ 12M (December) เพื่อกำหนดระดับภัยแล้งของแต่ละพื้นที่ ระหว่างปี พ.ศ. 2539–3548 ซึ่งพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มักจะประสบภัยแล้งอยู่เสมอ โดยจุดที่มักเกิดปัญหานี้ มักตั้งอยู่บริเวณตอนกลางค่อนไปทางตะวันตกและทางตอนใต้ของพื้นที่ และเขตเหนือของอำเภอบัวใหญ่ (ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัด) ซึ่งอาจถือเป็นเขตแห้งแล้งซ้ำซากของจังหวัดได้ (Chadtabud, 2008)

วรลักษณ์ ไก่งาม และ ชาคริต โชติอมรศักดิ์ (2562) ได้ศึกษาวิเคราะห์คุณลักษณะของภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาช่วงปี ค.ศ.1980–2017 (38 ปี) โดยวิเคราะห์ค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (ดัชนี SPI) ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม–ตุลาคม) ของทุกปี ข้อมูลที่ใช้ประกอบไปด้วยข้อมูลน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา 31 สถานี และข้อมูลน้ำฝนรูปแบบกริดจาก Climatic Research Unit (CRU) ทั้งหมด 78 กริดครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือเพื่อคำนวณดัชนี SPI ใน 2 ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน คือดัชนี SPI ราย 3 เดือน (SPI3) เพื่อวิเคราะห์ภัยแล้งในช่วงต้นฤดูฝน และดัชนี SPI ราย 6 เดือน (SPI6) เพื่อวิเคราะห์ภัยแล้งตลอดช่วงฤดูฝน จากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SPI3 ของเดือนกรกฎาคม (ค่าเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม) พบปีที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก (SPI3 $\leq$ –1.50) ทั้งหมด 14 ปี โดยปี ค.ศ.1987 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 97.10% ของพื้นที่ศึกษาขณะทำการวิเคราะห์ ค่าดัชนี SPI6 ของเดือนตุลาคม (ค่าเฉลี่ยของพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม) พบปีที่เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก (SPI6 $\leq$ –1.50) ทั้งหมด 15 ปี โดยปี ค.ศ.1993 มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ 42.44% ของพื้นที่ศึกษา และปี ค.ศ.2015 มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

92.27% ของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าภาวะแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษามีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอลนีโญระดับรุนแรงซึ่งส่งผลให้เกิดภัยแล้งระดับรุนแรงถึงรุนแรงมากส่งผลกระทบเกือบทั่วภาคเหนือ (C. C. & Kaingam, 2562)

Da Silva Júnior และคณะ ได้ศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนของภัยแล้งทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลาในรัฐเปร์นัมบูกู ประเทศบราซิล ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้งมากกว่า 80% โดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI–3 และ SPI–12) เพื่อประเมินลักษณะของภัยแล้ง ได้แก่ ความถี่, พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ และความรุนแรง ในช่วงปี 1962–2012 โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝายรายเดือนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 133 แห่ง และวิเคราะห์แนวโน้มโดยใช้การทดสอบ Mann–Kendall และ Sen's slope ผลการศึกษาพบว่า ตั้งแต่ปี 1990 เป็นต้นมา ความถี่ของภัยแล้งในรัฐเปร์นัมบูกูเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยฤดูร้อนมีพื้นที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด รองลงมาคือฤดูหนาว ฤดูใบไม้ร่วง และฤดูใบไม้ผลิ พื้นที่ Sertão เป็นบริเวณที่มีสถานีตรวจวัดภัยแล้งที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุด ตามมาด้วย Agreste และ Zona da Mata นอกจากนี้ ขอบเขตและความรุนแรงของภัยแล้งก็เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในปี 1993, 1998, 2010 และ 2012 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดภัยแล้งรุนแรงและแพร่กระจายเป็นวงกว้าง อีกทั้งพบว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความรุนแรง กล่าวคือ ยิ่งภัยแล้งมีความรุนแรงมากขึ้น พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบก็จะขยายกว้างขึ้น (da Silva Junior et al., 2024)

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศความละเอียดสูง NHRCM ในช่วงปี ค.ศ. 1980–2000 (ปีฐาน) และ ค.ศ. 2079–2099 (ปีอนาคต) ใน 14 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย ได้แก่ หนองคาย, เลย, อุดรธานี, สกลนคร, นครพนม, ขอนแก่น, มุกดาหาร, มหาสารคาม, ชัยภูมิ, ร้อยเอ็ด, อุบลราชธานี, นครราชสีมา, สุรินทร์ และบุรีรัมย์

ข้อมูลสำคัญในแบบจำลอง NHRCM

จากรูปที่ 3 สามารถสรุปข้อมูลสำคัญของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ NHRCM ได้คือ ขอบเขตข้อมูลอยู่ระหว่างลองจิจูดที่ 96.56°E ถึง 107.3°E และ ละติจูด อยู่ระหว่าง 6.01°N ถึง 20.85°N โดยข้อมูลนี้ครอบคลุมพื้นที่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ และเป็นข้อมูลพื้นผิวโลก (surface level) ซึ่งเวลาในไฟล์ตัวอย่างนี้ มี 364 ค่า เริ่มต้น 7 พฤษภาคม ค.ศ.2000 ถึง 5 พฤษภาคม ค.ศ.2001

ตัวแปรข้อมูล (Data Variables) มีดังนี้

1. psea: ความดันระดับน้ำทะเล (sea level pressure)
2. t: อุณหภูมิ (temperature)
3. u: ความเร็วลมในแนวแกนตะวันออก–ตะวันตก (zonal wind component)
4. v: ความเร็วลมในแนวแกนเหนือ–ใต้ (meridional wind component)
5. tmax: อุณหภูมิสูงสุดรายวัน (daily maximum temperature)
6. tmin: อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (daily minimum temperature)
7. rain: ปริมาณน้ำฝน (precipitation)

โดยตัวแปรที่ถูกเลือกมาเพื่อใช้วิเคราะห์เพื่อหาค่า SPI คือ ปริมาณน้ำฝน (rain)

```
<xarray.Dataset> Size: 832MB
Dimensions:  (lon: 240, lat: 340, lev: 1, time: 364)
Coordinates:
  * lon      (lon) float64 2kB 96.56 96.61 96.65 96.7 ... 107.3 107.3 107.3
  * lat      (lat) float64 3kB 6.01 6.055 6.1 6.145 ... 20.72 20.76 20.8 20.85
  * lev      (lev) float64 8B 1.0
  * time     (time) datetime64[ns] 3kB 2000-05-07 2000-05-08 ... 2001-05-05
Data variables:
    psea     (time, lev, lat, lon) float32 119MB ...
    t        (time, lev, lat, lon) float32 119MB ...
    u        (time, lev, lat, lon) float32 119MB ...
    v        (time, lev, lat, lon) float32 119MB ...
    tmax     (time, lev, lat, lon) float32 119MB ...
    tmin     (time, lev, lat, lon) float32 119MB ...
    rain     (time, lev, lat, lon) float32 119MB ...
Attributes:
    CDI:          Climate Data Interface version 1.7.1rc1 (http://mpimet.mpg....
    Conventions:  CF-1.4
    history:      Mon Nov 20 17:07:51 2017: cdo settaxis,2000-05-07,00:00:00,...
    CDO:          Climate Data Operators version 1.7.1rc1 (http://mpimet.mpg....
```

รูปที่ 2 แสดงข้อมูลของแบบจำลอง NHRCM

เมื่อเลือกตัวแปรที่ต้องการแล้ว ถัดมาคือการเลือกข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ต้องการ นั่นคือการใช้พิกัดละติจูด, ลองติจูด ของสถานีที่ต้องการศึกษาโดยใช้วิธีการจุดกริดที่ใกล้ที่สุดจาก 12 สถานีอุตุนิยมวิทยา และ 4 สถานีอุทกวิทยา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 พิกัดละติจูดและลองจิจูดของสถานีต่าง ๆ

สถานี	ละติจูด (°N)	ลองจิจูด (°E)
หนองคาย	17.86667	102.7167
เลย	17.45	101.7333
อุดรธานี	17.38333	102.8
สกลนคร	17.15	104.13333
นครพนม	17.41667	104.78333
ขอนแก่น	16.43333	102.83333
มุกดาหาร	16.53333	104.7167
โกสุมพิสัย	16.24722	103.0681
ชัยภูมิ	15.8	102.0333
ร้อยเอ็ด	16.05	103.68333
อุดรราชธานี	15.25	104.8667
นครราชสีมา	14.96278	102.0767
โชคชัย	14.71889	102.1686
สุรินทร์	14.88333	103.5
ท่าตูม	15.31667	103.6833
นางรอง	14.61667	102.7167

โดยมีหลักการทำงานตามแผนภาพในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการจัดการข้อมูล NHRCM



รูปที่ 4 ขั้นตอนการจัดการข้อมูลปริมาณน้ำฝน

การพิจารณาปริมาณน้ำฝนและการวิเคราะห์ข้อมูล

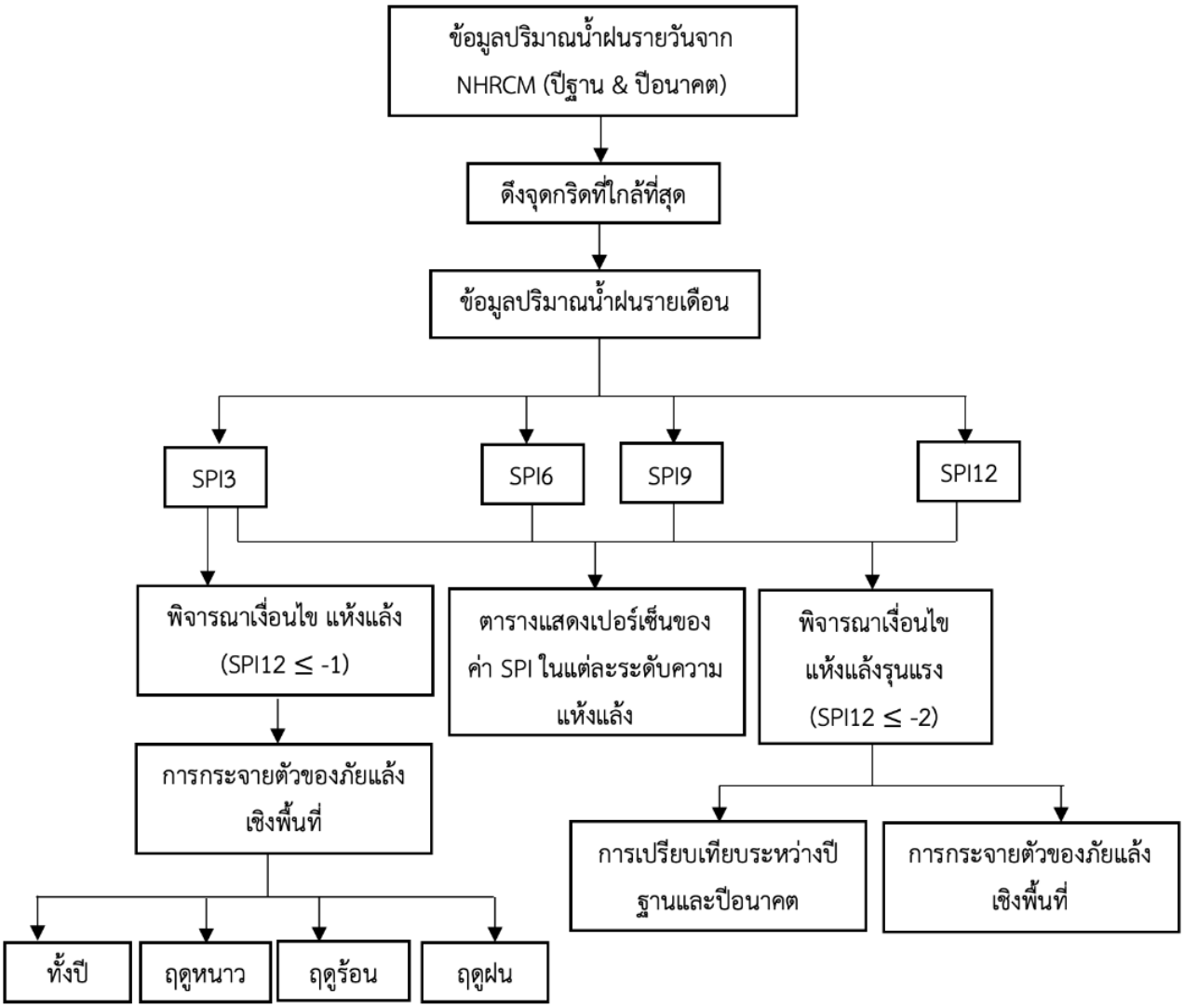
ข้อมูลที่ได้จาก NHRCM เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จึงต้องมีการจัดการ โดยการเฉลี่ยให้เป็นปริมาณน้ำฝนรายเดือน แล้วรวมข้อมูลระยะเวลา 20 ปี ของ 1 สถานี ไว้ใน 1 ไฟล์ แล้วใช้โปรแกรม VS Code ในการหาค่า SPI 3, 6, 9 และ 12 เดือน โดยใช้อัลกอริทึมการฟิตข้อมูลปริมาณน้ำฝนเข้ากับการแจกแจงแบบแกมมา และแปลงผลลัพธ์เป็นค่า Z-score ผ่านการแจกแจงปกติมาตรฐาน โดยดำเนินการด้วยไลบรารี SciPy และ NumPy ในภาษา Python ดังแผนภาพที่ 3 เพื่อให้เห็นการกระจายตัวของภัยแล้งและความชุมชื้นในพื้นที่ต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ทั้งนี้ ในงานวิจัยเลือกใช้ช่วงเวลา 20 ปี เนื่องจากข้อจำกัดของชุดข้อมูลแบบจำลอง NHRCM ที่จัดเตรียมเฉพาะบางช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม ช่วงเวลา 20 ปีถือว่าเพียงพอในการสะท้อนแนวโน้มและความแปรปรวนของสภาวะภัยแล้งในระดับภูมิภาคภายใต้ข้อจำกัดของข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ภาวะภัยแล้งในแต่ละสถานี โดยนำค่า SPI มาวิเคราะห์เพิ่มเติมใน 3 รูปแบบ ได้แก่

1. การประเมินสถานะของค่าSPI 3, 6, 9 และ 12 ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ (Percentage-Base assessment)
2. การเปรียบเทียบสภาพภัยแล้งรุนแรง เมื่อค่า SPI3, 6, 9 และ 12 น้อยกว่า -2 ระหว่างปีฐาน และปีอนาคต โดยแสดงผลในรูปแบบกราฟแท่ง (Drought Condition Comparison) และในรูปแบบแผนที่ (Spatial drought distribution) โดยใช้โปรแกรม QGIS ในการสร้าง
3. การเปรียบเทียบการเกิดภัยแล้ง เมื่อค่า SPI3 น้อยกว่า -1 ในรูปแบบแผนที่ (Spatial drought distribution) ซึ่งแบ่งวิเคราะห์เป็น ภาพรวม(ใช้ข้อมูลทั้งหมด), ฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์), ฤดูร้อน (เดือนมีนาคม-พฤษภาคม) และ ฤดูฝน (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม) \footnote{https://www.tmd.go.th/info/ฤดูกาล-ฤดูกาลของโลก-ฤดูกาลของประเทศไทย} โดยใช้โปรแกรม QGIS ในการสร้าง

โดยขั้นตอนโดยรวมของวิธีดำเนินงานเป็นไปตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมด

ผลการศึกษา

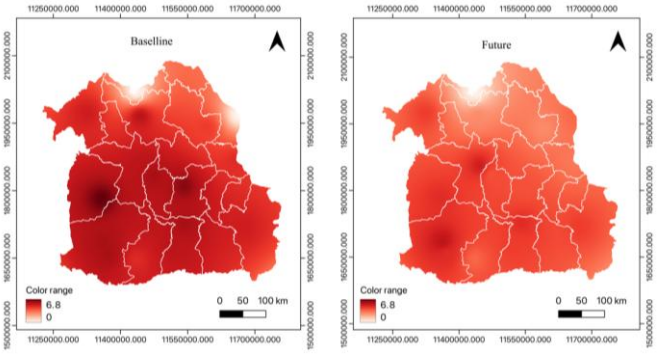
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเกิดภัยแล้งรุนแรง

จากการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สภาวะภัยแล้งรุนแรง เมื่อ SPI3 , SPI6, SPI9, SPI12 ≤ -2 ระหว่างปีฐานและปีอนาคตในแต่ละสถานี พบว่า SPI3 และ SPI9 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งรุนแรงลดลงมากที่สุด บ่งบอกว่าโดยรวมในอนาคตอาจมีโอกาสการเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรงน้อยลง ในขณะที่ SPI6 และ SPI12 มีพื้นที่ที่เกิดภัยแล้งรุนแรงเพิ่มขึ้นมากที่สุด บ่งบอกว่าโดยรวมในอนาคตอาจมีโอกาสการเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรงมากขึ้นในหลายพื้นที่ เมื่อเทียบกับสถานการณ์ในปีฐาน ดังตารางในรูปที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาวะภัยแล้งรุนแรง (SPI3–SPI12) ระหว่างปีฐานและปีอนาคต จำแนกตามพื้นที่ตอนบนและตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

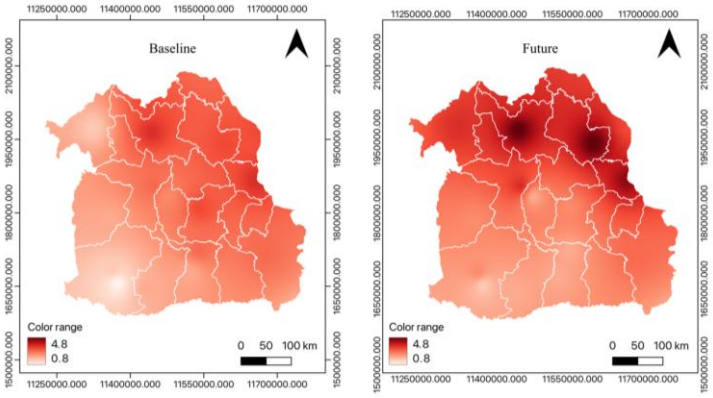
พื้นที่	สถานี	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12
ภาค	หนองคาย	ไม่เปลี่ยนแปลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ตะวันออกเฉียงเหนือ	เลย	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ตอนบน	อุดรธานี	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	สกลนคร	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น
	นครพนม	เพิ่มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง	ลดลง	ลดลง
	มุกดาหาร	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	ขอนแก่น	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น
	โกสุมพิสัย	ลดลง	ลดลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	เพิ่มขึ้น
	ชัยภูมิ	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง
ภาคตะวันออก	นครราชสีมา	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น
เฉียงเหนือตอนล่าง	โชคชัย	ลดลง	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น
	ร้อยเอ็ด	ลดลง	ลดลง	ลดลง	ลดลง
	อุบลราชธานี	ลดลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ลดลง	เพิ่มขึ้น
	สุรินทร์	ลดลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ลดลง	เพิ่มขึ้น
	ท่าตูม	ลดลง	ลดลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	เพิ่มขึ้น
	นางรอง	ลดลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
รวม	เพิ่มขึ้น	1	9	4	12
(สถานี)	ลดลง	14	4	9	2
	ไม่เปลี่ยนแปลง	1	3	3	2

ซึ่งสามารถสรุปได้ในรูปแบบแผนที่แสดงสภาวะภัยแล้งรุนแรงของ SPI3 ระหว่างปีฐานและปีอนาคตในแต่ละสถานี ดังแสดงในรูปที่ 6



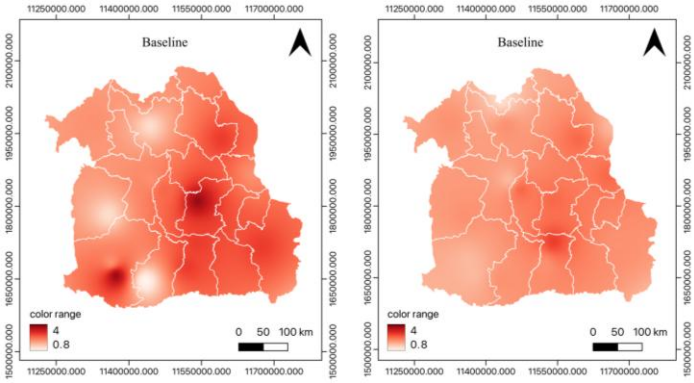
รูปที่ 6 แผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งรุนแรงรายปีของ ปีฐานและปีอนาคต

รูปแบบแผนที่แสดงสภาวะภัยแล้งรุนแรงของ SPI6 ระหว่างปีฐานและปีอนาคตในแต่ละสถานี ดังแสดงในรูปที่ 7



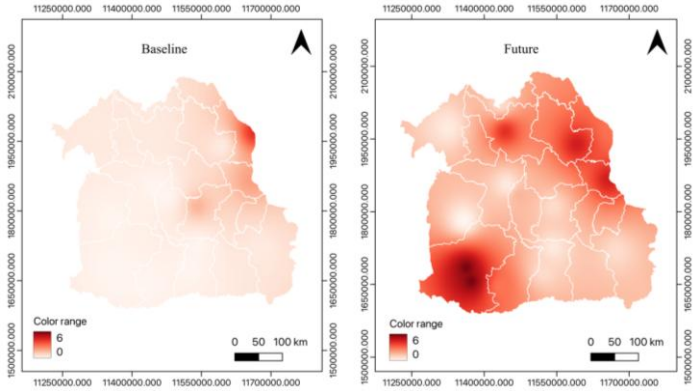
รูปที่ 7 แผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งรุนแรงรายปีของ ปีฐานและปีอนาคต

รูปแบบแผนที่แสดงสภาวะภัยแล้งรุนแรงของ SPI9 ระหว่างปีฐานและปีอนาคตในแต่ละสถานี ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งรุนแรงรายปีของ ปีฐานและปีอนาคต

รูปแบบแผนที่แสดงสภาวะภัยแล้งรุนแรงของ SPI12 ระหว่างปีฐานและปีอนาคตในแต่ละสถานี ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งรุนแรงรายปีของ ปีฐานและปีอนาคต

จากการวิเคราะห์ พบว่า ผลการวิเคราะห์ที่พบว่า SPI ระยะสั้น (SPI3, SPI9) มีแนวโน้มความรุนแรงของภัยแล้งลดลง ขณะที่ SPI ระยะยาว (SPI6, SPI12) กลับแสดงแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น สะท้อนถึงความเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณฝนมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรวมทั้งปีเพียงอย่างเดียว กล่าวคือในช่วงอนาคตแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนอาจ ตกหนักในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งเพียงพอให้ค่าดัชนี SPI ระยะสั้นไม่ลดลงหรืออาจเพิ่มขึ้น แต่ในภาพรวมตลอดทั้งปี ปริมาณฝนยังคง ไม่สม่ำเสมอและมีช่วงฝนทิ้งช่วงยาวนานมากขึ้น ส่งผลให้ค่า SPI ระยะยาวยังสะท้อนภาวะความแห้งแล้งที่รุนแรงขึ้น

ดังนั้น ความแตกต่างระหว่าง SPI ระยะสั้นและระยะยาวจึงสามารถตีความได้ว่า ภัยแล้งในอนาคตอาจไม่ได้เกิดจากปริมาณฝนรวมที่ลดลงเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการกระจายฝนที่ผิดปกติ มีความผันผวนสูง และไม่ครอบคลุมตลอดฤดูกาล ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของสภาพอากาศภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในรูปแบบแผนที่

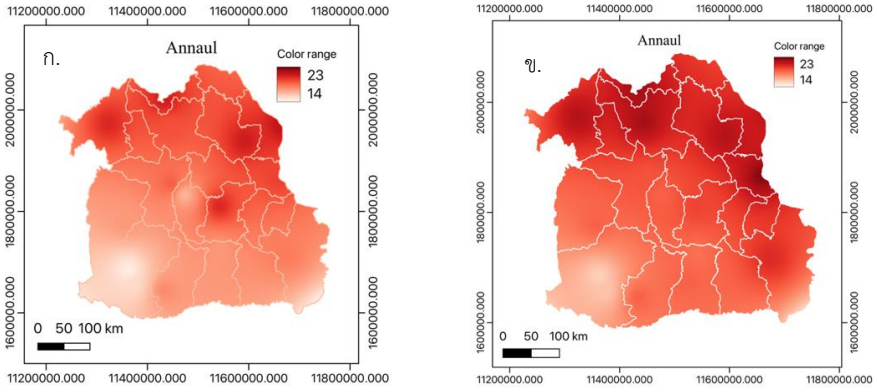
เป็นผลการวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้ง ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในรูปแบบแผนที่ โดยเฉดสีในแผนที่ที่เข้มกว่าแสดงถึงโอกาสที่จะเกิดขึ้นสูงกว่า

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเกิดภัยแล้ง SPI3 ≤ -1

ผลการวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้ง โดยเลือกพิจารณา ค่า SPI3 ≤ -1

1. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเกิดสภาวะแห้งแล้งรายปี

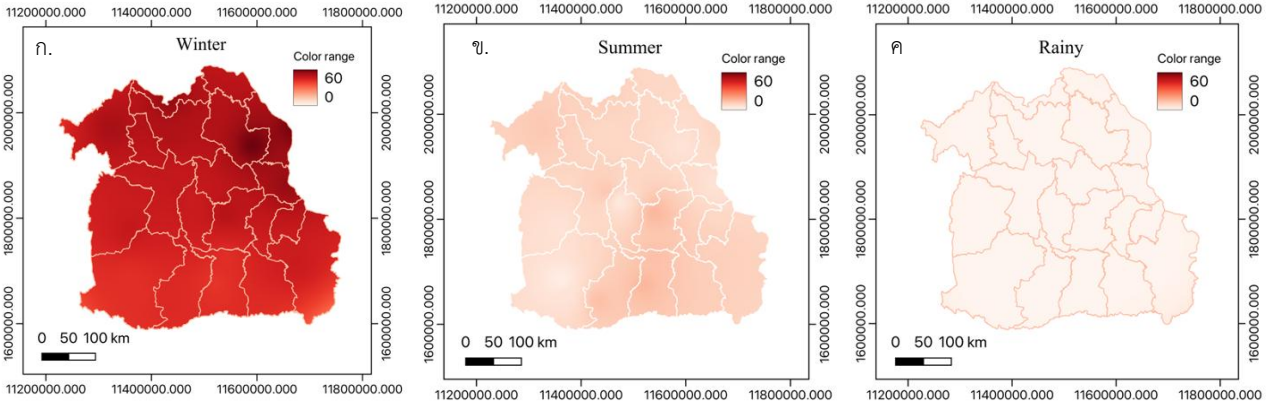
แผนที่แสดงโอกาสการเกิดสภาวะภัยแล้งรายปี ในรูปที่ 10 ในปัจจุบันพบว่า สภาวะภัยแล้งเกิดขึ้นมากที่สุดในพื้นที่ตอนบนและฝั่งตะวันออก โดยเฉพาะในจังหวัดเลย หนองคาย สกลนคร นครพนม และร้อยเอ็ด เมื่อเปรียบเทียบกับปีอนาคต พบว่าในภาพรวมพื้นที่จะมีสีแดงเข้มขึ้น แสดงให้เห็นว่าโอกาสเกิดสภาวะภัยแล้งอาจเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่



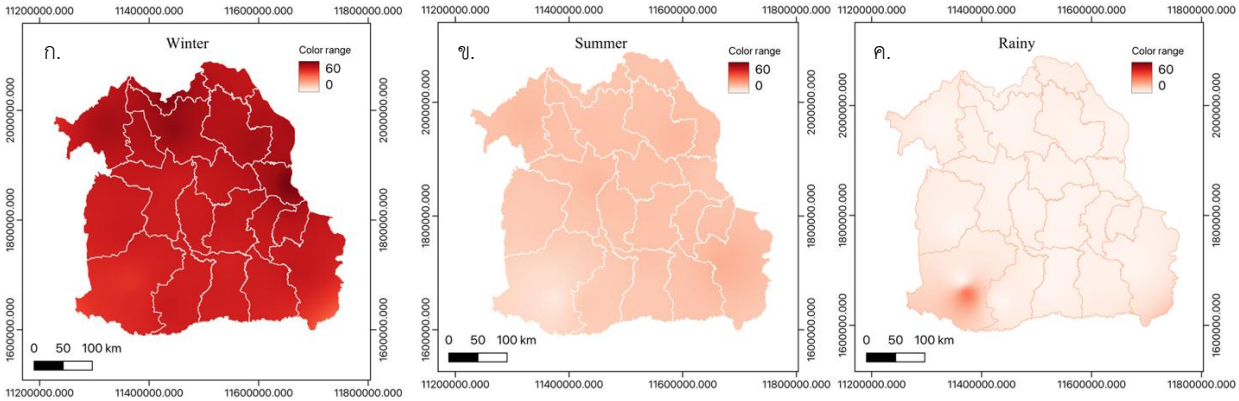
รูปที่ 10 แผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งรุนแรงรายปีของ ปีฐาน (ก.) และปีอนาคต (ข.)

2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเกิดสภาวะแห้งแล้ง ระดับฤดูกาล ของประเทศไทย

จากการเปรียบเทียบแผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งของปีฐาน ดังรูปที่ 11 และปีอนาคต ดังรูปที่ 12 ในแต่ละฤดูกาล พบว่าในฤดู (ก) ปีอนาคตแสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่มีภาวะภัยแล้งเมื่อเทียบกับปีฐาน โดยพื้นที่ตอนบนมีสภาวะภัยแล้งที่รุนแรงขึ้นเล็กน้อย ในฤดูร้อน (ข) พื้นที่ที่มีภาวะภัยแล้งในปีฐานได้รับการกระจายไปในพื้นที่กว้างขวางขึ้นในปีอนาคต ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของสภาวะภัยแล้งในฤดูร้อน ขณะที่ฤดูฝน (ค) ในปีฐานไม่มีสภาวะภัยแล้งเกิดขึ้น แต่ในปีอนาคตเริ่มมีการกระจายของภาวะภัยแล้งในบางพื้นที่ แม้ว่าจะไม่มากเท่าฤดูหนาวหรือฤดูร้อน แต่ก็แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในทุกฤดูกาล



รูปที่ 11 แผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งของ ฤดูหนาว (ก.) ฤดูฝน (ข.) ฤดูร้อน (ค.) ในช่วงปีฐาน



รูปที่ 12 แผนที่แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งของ ฤดูหนาว (ก.) ฤดูฝน (ข.) ฤดูร้อน (ค.) ในช่วงปีอนาคต

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการใช้แบบจำลองสภาพอากาศ non hydrostatic regional climate model (NHRCM) ภายใต้เงื่อนไขการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบ RCP8.5 เพื่อศึกษาโอกาสการเกิดภัยแล้งและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง โดยวิธี SPI โดยแบ่งพิจารณาช่วงเวลาทั้งหมด 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 3, 6, 9 และ 12 เดือน ในช่วงปีฐาน (ค.ศ. 1980–2000) และช่วงปีอนาคต (ค.ศ. 2079–2099) ตามตำแหน่งสถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

จากการวิเคราะห์กราฟแท่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของโอกาสการเกิดภัยแล้งรุนแรง (SPI ≤ -2) ระหว่างปีฐานและปีอนาคตในแต่ละสถานี โดยใน SPI3 พบว่า มี 1 สถานีที่ค่าเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ นครพนม ในขณะที่มี 14 สถานีที่มีค่าลดลง ได้แก่ เลย อุดรธานี สกลนคร ขอนแก่น มุกดาหาร โกสุมพิสัย ชัยภูมิ ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี นครราชสีมา โชคชัย สุรินทร์ ท่าตูม และนางรอง นอกจากนี้ยังมี 1 สถานีที่เปลี่ยนแปลงน้อยมาก ได้แก่ สถานีหนองคาย เมื่อพิจารณา SPI6 พบว่า มี 9 สถานีที่ค่าเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ หนองคาย เลย อุดรธานี สกลนคร ขอนแก่น มุกดาหาร ชัยภูมิ นครราชสีมา และโชคชัย ในขณะที่มี 3 สถานีที่มีค่าลดลง ได้แก่ โกสุมพิสัย ร้อยเอ็ด ท่าตูม นอกจากนี้มี 4 สถานีที่ค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ได้แก่ นครพนม อุบลราชธานี สุรินทร์ และนางรอง เมื่อพิจารณา SPI9 พบว่า มี 4 สถานีที่ค่าเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ อุดรธานี

มุกดาหาร ชัยภูมิ และนางรอง ในขณะที่มี 9 สถานีที่มีค่าลดลง ได้แก่ หนองคาย สกลนคร ขอนแก่น นครราชสีมา โชคชัย ร้อยเอ็ด นครพนม อุบลราชธานี สุรินทร์ นอกจากนี้มี 3 สถานีที่ค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ได้แก่ เลย โกสุมพิสัย และท่าตูม เมื่อพิจารณา SPI12 พบว่า มี 12 สถานีที่ค่าเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ หนองคาย อุดรธานี สกลนคร ขอนแก่น มุกดาหาร นครราชสีมา โชคชัย โกสุมพิสัย ท่าตูม อุบลราชธานี สุรินทร์ และนางรอง ในขณะที่มี 2 สถานีที่มีค่าลดลง ได้แก่ ร้อยเอ็ด และนครพนม นอกจากนี้มี 2 สถานีที่ค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ได้แก่ เลย และชัยภูมิ

เมื่อวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งรุนแรง (SPI ≤ −2) ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในรูปแบบแผนที่ โดยใน SPI3 พบว่าในปีฐาน เกิดสภาวะภัยแล้งที่รุนแรงกระจายเกือบทั่วพื้นที่ โดยเฉพาะในจังหวัด**ชัยภูมิ ร้อยเอ็ด** และ **อุดรธานี** ที่รุนแรงมากที่สุด ในขณะที่จังหวัด **หนองคาย** และ **นครพนม** เกิดสภาวะแห้งแล้งน้อยกว่าพื้นที่อื่น เมื่อพิจารณาปีอนาคต พบว่ามีโอกาสการเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรงลดลง ยกเว้น จังหวัด**หนองคาย** ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่ จังหวัด**ขอนแก่น** และ **นครราชสีมา** ยังคงมีสภาวะภัยแล้งแล้งรุนแรงสูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ เมื่อพิจารณา SPI6 พบว่าในปีฐาน พื้นที่ตอนบนและฝั่งตะวันออกเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรง โดยเฉพาะในจังหวัด**หนองคาย อุดรธานี มุกดาหาร** และ**ร้อยเอ็ด** ขณะที่จังหวัด**เลย** และ**นครราชสีมา**เกิดน้อยกว่า เมื่อพิจารณาปีอนาคต พบว่าในพื้นที่ตอนบนยังคงมีโอกาสการเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรงที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในจังหวัด**อุดรธานี สกลนคร มุกดาหาร** และ**ขอนแก่น** ส่วนจังหวัดในพื้นที่ตอนล่างอย่าง **สุรินทร์ บุรีรัมย์** และ**อุบลราชธานี** ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อพิจารณา SPI9 พบว่าในปีฐาน บริเวณจังหวัด**สกลนคร ร้อยเอ็ด** สุรินทร์ อุบลราชธานี และ**นครราชสีมา** มีการเกิดสภาวะแห้งแล้งรุนแรงมาก ในขณะที่จังหวัด**อุดรราชธานี ชัยภูมิ** และ**บุรีรัมย์** เกิดสภาวะภัยแล้งที่น้อยกว่าพื้นที่อื่น เมื่อพิจารณาปีอนาคต พบว่าพื้นที่โดยรวมมีโอกาสการเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรงที่ลดลง ยกเว้นจังหวัด**เลย มหาสารคาม** ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่จังหวัด**สุรินทร์ มหาสารคาม สกลนคร** และ **มุกดาหาร** ยังคงมีสภาวะภัยแล้งรุนแรงสูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษา เมื่อพิจารณา SPI12 พบว่าในปีฐาน พื้นที่ส่วนใหญ่มีการเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรงน้อย ยกเว้นในพื้นที่จังหวัดนครพนม มุกดาหาร และร้อยเอ็ด ที่เกิดสภาวะภัยแล้งที่มากกว่าพื้นที่อื่น เมื่อพิจารณาปีอนาคต พบว่าพื้นที่บางส่วนมีโอกาสการเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรงอาจเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ ประกอบไปด้วย จังหวัด**นครราชสีมา อุดรธานี สกลนคร นครพนม และมุกดาหาร**

จากการพิจารณาค่า SPI ที่แสดงถึงการเกิดสภาวะภัยแล้งรุนแรง ทั้ง 4 ระยะเวลา ทั้งจากกราฟเปรียบเทียบและจาก การกระจายเชิงพื้นที่รูปแบบแผนที่ พบความแตกต่างของแนวโน้มระหว่างระยะสั้นและระยะยาวอย่างชัดเจน โดย SPI3 และ SPI9 แสดงให้เห็นว่าโอกาสการเกิดภัยแล้งรุนแรงในอนาคตมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ SPI6 และ SPI12 กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การสวนทางนี้สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบฝน ตามลักษณะภูมิอากาศภายใต้ RCP8.5 ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นแบบกระจุกตัวในช่วงเวลาสั้น ๆ ส่งผลให้ดัชนีระยะสั้นบ่งบอกว่าสภาวะความชื้นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การขาดความต่อเนื่องของฝนตลอดฤดูกาลหรือรอบปีทำให้ปริมาณฝนสะสมระยะยาวลดลง ส่งผลให้ดัชนีภัยแล้งระยะยาวยังคงสะท้อนถึงแนวโน้มความแห้งแล้งที่รุนแรงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของ SPI ที่ช่วงเวลาการสะสมที่แตกต่างกันมีความไวต่อสเกลของภัยแล้งที่แตกต่างกัน

เมื่อผลการวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่ของสภาวะภัยแล้งรุนแรง โดยเลือกพิจารณา ค่า SPI3 ≤ −1 โดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเกิดสภาวะแห้งแล้งรายปี ในปีฐานพบว่า สภาวะภัยแล้งเกิดขึ้นมากที่สุดในพื้นที่ตอนบนและฝั่งตะวันออก เมื่อเปรียบเทียบกับปีอนาคต พบว่าโอกาสเกิดสภาวะภัยแล้งอาจเพิ่มขึ้นในทุกพื้นที่ ในส่วนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเกิดสภาวะแห้งแล้ง ระดับฤดูกาล พบว่าในฤดูหนาวและฤดูร้อน มีการ เพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่มีภาวะภัยแล้ง ขณะที่ฤดูฝน ในปีฐานไม่มีสภาวะภัยแล้งเกิดขึ้น แต่ในปีอนาคตเริ่มมีการกระจายของภาวะภัยแล้งในบางพื้นที่ แม้ว่าจะไม่มากเท่าฤดูหนาวหรือฤดูร้อน แต่ก็แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในทุกฤดูกาล

แนวทางสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป การวิเคราะห์ภัยแล้งสามารถดำเนินการได้ด้วยดัชนีหลายประเภท โดยบางดัชนีใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ขณะที่บางดัชนีผสานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาหลายตัวแปร เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งแต่ละวิธีมีความไวต่อสเกลของภัยแล้งแตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกวิธีการวิเคราะห์ควรพิจารณาลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาและประเภทของภัยแล้งที่ต้องการประเมิน รวมทั้งควรมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากหลายดัชนีควบคู่กัน เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความครอบคลุมของการประเมินภัยแล้ง

สำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ แม้ว่างานวิจัยหลายฉบับเสนอให้ใช้เทคนิคการประมาณค่าทางพื้นที่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น Kriging, Spline หรือ Co-kriging ซึ่งสามารถสะท้อนโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้ละเอียดกว่า แต่งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธี Inverse Distance Weighting (IDW) เนื่องจากจำนวนสถานีตรวจวัดที่ค่อนข้างจำกัดและการกระจายตัวของข้อมูลที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้วิธีที่ต้องอาศัยการสร้างแบบจำลองความแปรปรวนเชิงสถิติอาจให้ผลไม่เสถียร เทคนิค IDW จึงเหมาะสมในแง่ของความเรียบง่าย โปร่งใส และสามารถแสดงแนวโน้มการกระจายของภัยแล้งในระดับภูมิภาคได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม เทคนิคขั้นสูง เช่น Kriging หรือ Spline ยังคงเป็นแนวทางที่ควรพิจารณาในงานวิจัยอนาคต เพื่อเพิ่มความละเอียดและความแม่นยำของการแสดงผลเชิงพื้นที่

จากผลการศึกษาพบว่าแม้ค่าดัชนี SPI ระยะสั้น (เช่น SPI-1 ถึง SPI-3) จะมีแนวโน้มความรุนแรงลดลงในบางช่วงเวลา แต่ค่าดัชนี SPI ระยะยาว (เช่น SPI-12) กลับมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสะท้อนถึงความเสี่ยงต่อภัยแล้งเรื้อรัง ที่อาจส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรม การจัดการน้ำ และเศรษฐกิจระดับชุมชน ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐควรมีการวางแผนรับมือเชิงรุก เช่น การจัดทำระบบเตือนภัยแล้งระยะยาว การบริหารจัดสรรน้ำต้นทุนในเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ การส่งเสริมพืชใช้น้ำน้อยในพื้นที่เสี่ยงสูง การวางแผนโครงสร้างพื้นฐานด้านน้ำเพื่อรองรับภัยแล้งระยะยาว และการสื่อสารความเสี่ยงให้ประชาชนเตรียมตัวล่วงหน้า การบูรณาการข้อมูล SPI ระยะยาวในระบบวางแผนของภาครัฐจะช่วยให้สามารถลดผลกระทบจากภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาวะภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณาจารย์ในภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, *สรุปสถานการณ์ภัยแล้งช่วงปี 2547-2548*. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรณ์น้ำ, 2006.

แจ่มผล, *ความรุนแรงของความแห้งแล้งรุนแรงในประเทศไทย*. กองภูมิอากาศ กรมตุตุนิธมวิทยา, 2547.

T. C, *การศึกษาแบบจำลองดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย*. กรมอุตุนิยมวิทยา, 2006.

M. D. Bureau, *ดรรชนีความแห้งแล้งสำหรับประเทศไทย 2555*. กรมอุตุนิยมวิทยา, 2012.

C. C Voraluck Kaingam, *การวิเคราะห์ภัยแล้งบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2562.

F. Bagheri, "Mapping drought hazard using spi index and gis (case study: Fars province, iran)," *Intonational Journal of Environment and Geoinformatics*, vol. 3, no. 1, pp. 22–28, 2016.

K Chadtabud, *An Analysis of Drought Impact on Economic Crop Plantation in Nakhon Ratchasima Province Using Remotely–Sensed Dota and GIS: A Case Study of Khon Buri District, Nokhon Ratchasima Province, Thailand*. Suranaree University of Technology, 2008

F. T. Cruz and H. Sasaki, "Simulation of present climate over southeast asia using the: non–hydrostatic regional climate model," *SOLA*, vol. 13, pp. 13–18, 2017.

I. da Siva Junior, L. da Silva Araijo, T. Stosic, R Menezes, and A da Silva, "Space–time variability of drought characteristics in pernambuco, brazil," Water, vol. 16, no. 11, p. 1490, 2024.

R. Zomer, M. Wang, and J. Xu, "Projected climate change and impact on bioclimatic conditions in central and south–central asia," Journal, pp. 1–50, 2015.

การพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

Development of an operational information system to support van management at the school of information and communication technology, University of Phayao

ศิรินทรา บุญมา[1] เกวรินทร์ จันทร์ดำ[1] พงศกร ศิริคำน้อย[1] และ รณชัย ทิพย์มณฑา[1*]

Sirintra Boonma[1], Kaewarin Jandum[1], Pongsakorn Sirikamnoi[1] and Ronnachai Thipmontha[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา และ 2) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น การวิจัยเป็นแบบวิจัยเชิงพัฒนา (R&D) โดยใช้กระบวนการพัฒนาระบบตามวงจร SDLC ตั้งแต่ารวิเคราะห์ความต้องการ ออกแบบระบบ พัฒนาระบบ ทดสอบ นำไปใช้งานจริง และประเมินผล

กลุ่มตัวอย่างคือบุคลากรสายสนับสนุนของคณะ จำนวน 23 คน ซึ่งมีบทบาทในการดำเนินกระบวนการจองรถตู้ตามนโยบาย One Stop Service เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามความพึงพอใจมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.67–1.00) และมีค่าความเชื่อมั่น Cronbach's Alpha สูงกว่า 0.90 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับ "มากที่สุด" ทุกด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการ ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.47) ด้านหน้าที่ของระบบ ($\bar{x}$ = 4.77, S.D.=0.47) ด้านการใช้งานระบบ ($\bar{x}$ = 4.78, S.D.=0.46) และด้านประสิทธิภาพของระบบ ($\bar{x}$ = 4.90, S.D.=0.30) สะท้อนว่าระบบสามารถสนับสนุนการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดขั้นตอนการประสานงาน เพิ่มความถูกต้องของข้อมูล และเอื้อต่อการตรวจสอบสถานะได้อย่างเป็นระบบ

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ, ระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการ, การบริหารจัดการรถตู้, การพัฒนาระบบ

[1] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author: ronnachai.th@up.ac.th

Abstract

The objectives of this study were: (1) to develop an operational information system to support van management at the School of Information and Communication Technology, University of Phayao, and (2) to evaluate user satisfaction with the developed system. This research employed a Research and Development (R&D) approach using the Systems Development Life Cycle (SDLC), which consists of problem analysis, system design, system development, system testing, system implementation, and system evaluation.

The sample group comprised 23 supporting staff members who were directly involved in the van reservation process under the One Stop Service policy. The research instrument was a five-point Likert-scale satisfaction questionnaire, which had been validated for content accuracy (IOC = 0.67–1.00) and demonstrated high reliability, with a Cronbach's Alpha coefficient exceeding 0.90. Data were analyzed using descriptive statistics, including mean and standard deviation.

The findings indicated that users expressed the highest level of satisfaction across all dimensions: system functionality accuracy ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.47), system features ($\bar{x}$ = 4.77, S.D.=0.47), system usability ($\bar{x}$ = 4.78, S.D.=0.46), and system performance ($\bar{x}$ = 4.90, S.D.=0.30). These results reflect the system's effectiveness in supporting operational tasks by reducing coordination steps, enhancing data accuracy, and enabling users to track reservation status efficiently and systematically.

Keywords: Information system, Operational information system, Van management, System development

บทนำ

ในปัจจุบัน องค์กรภาครัฐและเอกชนต่างให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานภายใน เนื่องจากการปฏิบัติงานที่อาศัยเอกสารมักเกิดข้อจำกัดด้านความสะดวก ความแม่นยำ และการจัดเก็บข้อมูล ระบบสารสนเทศจึงมีบทบาทในการลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน ป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการบันทึกข้อมูลด้วยมือ และเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและตรวจสอบได้ การนำระบบดิจิทัลมาใช้แทนกระบวนการแบบเดิมจึงกลายเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการ และสนับสนุนการตัดสินใจบนฐานข้อมูลขององค์กรสมัยใหม่ ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวยังสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นของสถาบันอุดมศึกษาในการพัฒนาระบบสารสนเทศให้รองรับการดำเนินงานที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นเช่นกัน

มหาวิทยาลัยพะเยาได้กำหนดนโยบายส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการลดการใช้กระดาษอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อสนับสนุนการพัฒนามหาวิทยาลัยไปสู่การเป็น “มหาวิทยาลัยดิจิทัล” ที่มีระบบงานโปร่งใส ตรวจสอบได้ และใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า หน่วยงานต่าง ๆ จึงได้รับการส่งเสริมให้พัฒนาระบบสารสนเทศที่ตอบสนองต่อภารกิจของตนเอง ทั้งในงานธุรการ งานทะเบียน งานบุคคล งานบริการสนับสนุน และงานด้านอาคารสถานที่ เพื่อลดข้อผิดพลาดจากการทำงานด้วยเอกสารและเพิ่มความคล่องตัวในการดำเนินงาน การพัฒนาเหล่านี้ยังช่วยให้ข้อมูลมีความเป็นเอกภาพและพร้อมสำหรับการใช้ประกอบการบริหารจัดการในระดับคณะและระดับมหาวิทยาลัย

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ในฐานะหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จึงให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการบริหารจัดการภายในหน่วยงาน ทั้งในด้านการจัดการข้อมูล การให้บริการ และการสนับสนุนภารกิจหลักของคณะ คณะฯ ดำเนินงานภายใต้นโยบายที่มุ่งเน้นความถูกต้อง รวดเร็ว โปร่งใส และสามารถตรวจสอบได้ เพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์

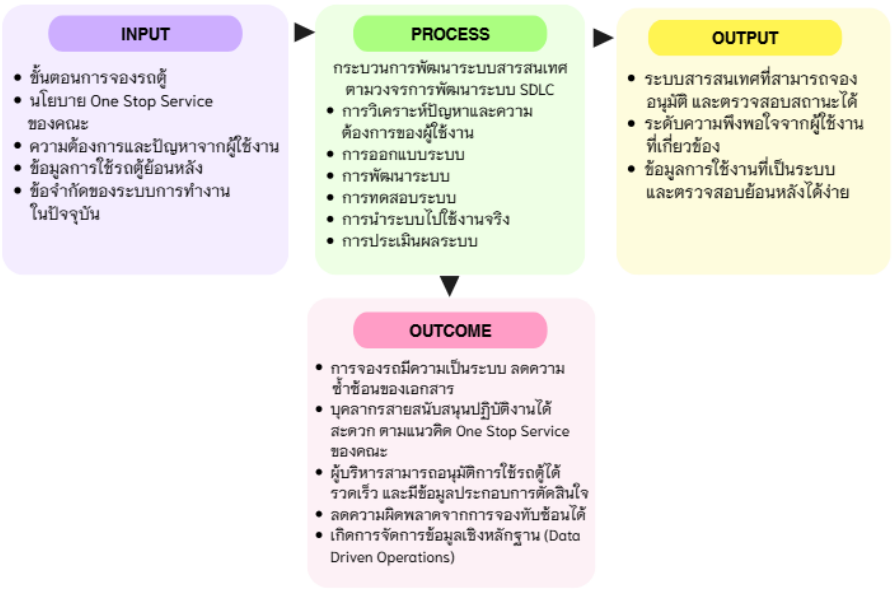
ของมหาวิทยาลัยพะเยาที่เน้นการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพและการบริการที่มีคุณภาพ ด้วยเหตุนี้ การนำระบบดิจิทัลมาใช้ในงานสนับสนุน เช่น งานพัสดุ งานสารบรรณ งานโสตทัศนูปกรณ์ และการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ จึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความผิดพลาด และรองรับการทำงานที่หลากหลายและซับซ้อนภายในคณะได้อย่างเหมาะสม

แม้คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจะมีการนำระบบดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในหลายงานสนับสนุนแล้วก็ตาม แต่ในกระบวนการบริหารจัดการรถตู้ประจำคณะยังคงใช้รูปแบบการจองด้วยเอกสารมาเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น ความซ้ำซ้อนของข้อมูล การติดตามสถานะการขอใช้รถที่ไม่สะดวก ความล่าช้าในการตรวจสอบปฏิทินการใช้งาน และข้อผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลด้วยมือ ซึ่งส่งผลต่อความคล่องตัวและประสิทธิภาพในการให้บริการรถตู้แก่บุคลากรทั้งภายในและภายนอกคณะ ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะผู้ปฏิบัติงานด้านยานพาหนะของคณะ จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ให้เป็นระบบดิจิทัลครบวงจร ที่สามารถตรวจสอบแผนการใช้งาน การจอง การอนุมัติ การจัดเก็บประวัติ และการติดตามสถานะได้อย่างเป็นระบบ เพื่อรองรับการทำงานในปัจจุบันและเพิ่มคุณภาพการให้บริการแก่ผู้ใช้บริการในระยะยาว

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยใช้กระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศตามวงจรการพัฒนาระบบ (Systems Development Life Cycle: SDLC) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน (System Analysis) 2) การออกแบบระบบ (System Design) 3) การพัฒนาระบบ (System Development) 4) การทดสอบระบบ (System Testing) 5) การนำระบบไปใช้งานจริง (System Implementation) และ 6) การประเมินผลระบบ (System Evaluation) กระบวนการดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ให้เหมาะสมกับบริบทการทำงานจริงของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ทั้งนี้ ในขั้นตอนการประเมินผลหลังการพัฒนาได้ใช้การสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานด้วยแบบสอบถามตามหลักการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ บุคลากรสายสนับสนุนของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 23 คน ซึ่งมีบทบาทโดยตรงในกระบวนการประสานงานและดำเนินการจองรถตู้ตามนโยบาย One Stop Service ของคณะ หน้าที่ดังกล่าวครอบคลุมตั้งแต่การรับคำขอ การตรวจสอบปฏิทินการใช้รถ การบันทึกข้อมูล ไปจนถึงการติดตามสถานะการใช้งานรถตู้ บุคลากรกลุ่มนี้เป็นผู้ปฏิบัติงานจริงในระบบเดิมและเป็นผู้ใช้งานหลักของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น จึงถือเป็นประชากรที่เหมาะสมต่อการศึกษาอย่างยิ่ง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกเฉพาะบุคลากรสายสนับสนุนทั้ง 23 คน ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานที่มีหน้าที่ดำเนินกระบวนการจองรถตู้ตามนโยบาย One Stop Service และเป็นผู้ใช้งานระบบสารสนเทศในทุกขั้นตอน ทั้งการรับคำขอ การบันทึกข้อมูล การตรวจสอบปฏิทิน และการประสานงานในกระบวนการต่าง ๆ เนื่องจากบุคลากรกลุ่มนี้เป็นผู้ใช้งานจริงทั้งหมด ผู้วิจัยจึงกำหนดให้เป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเต็มจำนวน (Total Enumeration) เพื่อให้ข้อมูลที่ได้สะท้อนบริบทการใช้งานระบบจริงอย่างครบถ้วนที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ที่พัฒนาขึ้นตามกระบวนการ SDLC และแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของระบบหลังการนำไปใช้จริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถาม 5 ระดับ (Five-point Likert Scale) จัดทำขึ้นตามวัตถุประสงค์การวิจัยและพิจารณาจากโครงสร้างของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อระบบด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการ
ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจต่อระบบด้านหน้าที่ของระบบ
ส่วนที่ 4 ความพึงพอใจต่อระบบด้านการใช้งานโปรแกรม
ส่วนที่ 5 ความพึงพอใจต่อระบบด้านประสิทธิภาพของระบบ
ส่วนที่ 6 ข้อเสนอแนะ

แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งพบว่าอยู่ในช่วง 0.67–1.00 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม จากนั้นผู้วิจัยได้ทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง

จำนวน 20 คน ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น Cronbach's Alpha มีค่ามากกว่า 0.90 แสดงว่าแบบสอบถามมีความสม่ำเสมอภายในสูงและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

2. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ใช้สำหรับบันทึก ตรวจสอบ วิเคราะห์เชิงสถิติ และแปลผลข้อมูล รวมถึงจัดทำรายงานผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอย่างเป็นระบบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการหลังจากระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ ได้รับการพัฒนาและผ่านการทดสอบการใช้งานเบื้องต้นตามกระบวนการ SDLC แล้ว ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขั้นตอนการตอบแบบประเมิน และแนวทางการรักษาความลับของข้อมูลแก่บุคลากรสายสนับสนุนของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบจริงในทุกขั้นตอนของกระบวนการจองรถตู้ตามนโยบาย One Stop Service เพื่อให้ผู้ให้ข้อมูลมีความเข้าใจที่ตรงกันก่อนเข้าร่วมการประเมิน

สำหรับการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจในรูปแบบออนไลน์ผ่าน Google Form และส่งลิงก์แบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดผ่านช่องทางการสื่อสารภายในของคณะเพื่ออำนวยความสะดวกในการตอบ ลดข้อจำกัดด้านเวลา และเพิ่มความคล่องตัวในการเข้าถึงเครื่องมือเก็บข้อมูล ผู้ให้ข้อมูลสามารถตอบแบบสอบถามผ่านคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ตามความสะดวก หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ติดตามการตอบกลับอย่างต่อเนื่องจนได้รับแบบสอบถามครบทั้ง 23 ชุด คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 100 ซึ่งทำให้ข้อมูลมีความครบถ้วนและพร้อมสำหรับการวิเคราะห์

กระบวนการเก็บข้อมูลทั้งหมดดำเนินการภายใต้หลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยผู้วิจัยได้ขอความยินยอมจากผู้ตอบแบบสอบถามก่อนเริ่มทำการประเมิน ทั้งนี้ แบบสอบถามออนไลน์ไม่มีการระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนบุคคล และข้อมูลที่ได้รับจะถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น โดยให้ความสำคัญต่อสิทธิ ความสมัครใจ และความเป็นส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถามอย่างเคร่งครัด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นหลัก เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ โดยไม่มีการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างหรือการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ สถิติที่ใช้ประกอบด้วย

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ประกอบด้วย ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

2. เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย (Likert 5-level Interpretation) โดยมีเกณฑ์การแปลผลดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 = มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 = มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 = ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 = น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 = น้อยที่สุด

ผลการศึกษา

ผลการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

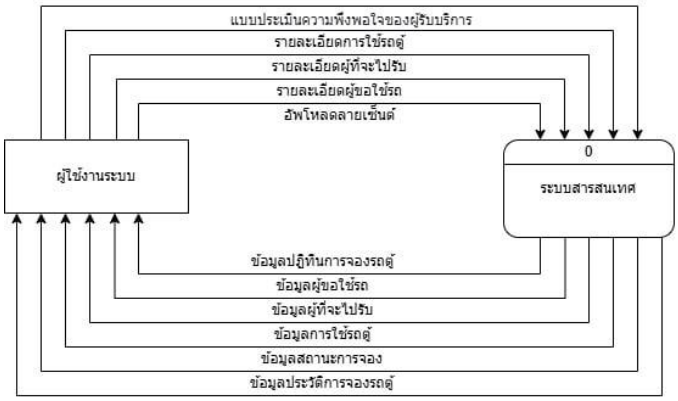
การออกแบบระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ เริ่มจากการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานเดิมของการจองรถตู้ภายในคณะ และระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ เพื่อนำมาสร้างแผนภาพบริบท (Context Diagram) แสดงขอบเขตของระบบและการไหลเวียนของข้อมูลระหว่างผู้ใช้กับระบบสารสนเทศ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพบริบท (Context Diagram) ของระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา (ผู้ดูแลระบบ)

จากภาพที่ 2 แสดงการรับ–ส่งข้อมูลระหว่างผู้ดูแลระบบกับระบบสารสนเทศ ได้แก่ ข้อมูลการจองรถ รายละเอียดผู้ขอใช้บริการ รายละเอียดการเดินทาง และข้อมูลสรุปต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการจัดการรถตู้และการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง

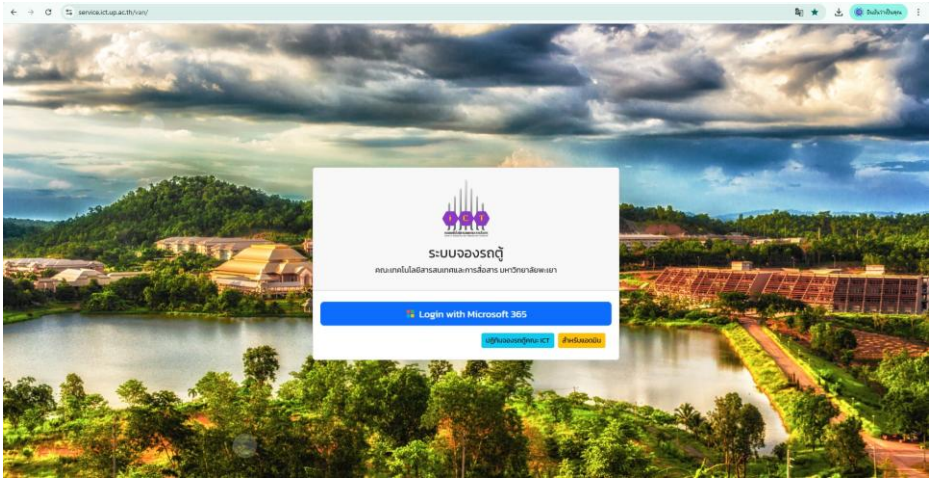
นอกจากการออกแบบกระบวนการทำงานในมุมมองของผู้ดูแลระบบแล้ว ระบบยังต้องรองรับการทำงานในมุมมองของผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งเป็นผู้ยื่นคำขอใช้รถและตรวจสอบสถานะการจอง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนภาพบริบทในส่วนของผู้ใช้งานระบบ เพื่อแสดงข้อมูลที่ผู้ใช้ส่งเข้าสู่ระบบและข้อมูลที่ระบบตอบกลับ เพื่อให้เห็นภาพรวมของการไหลเวียนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับระบบสารสนเทศ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพบริบท (Context Diagram) ของระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา (ผู้ใช้งานระบบ)

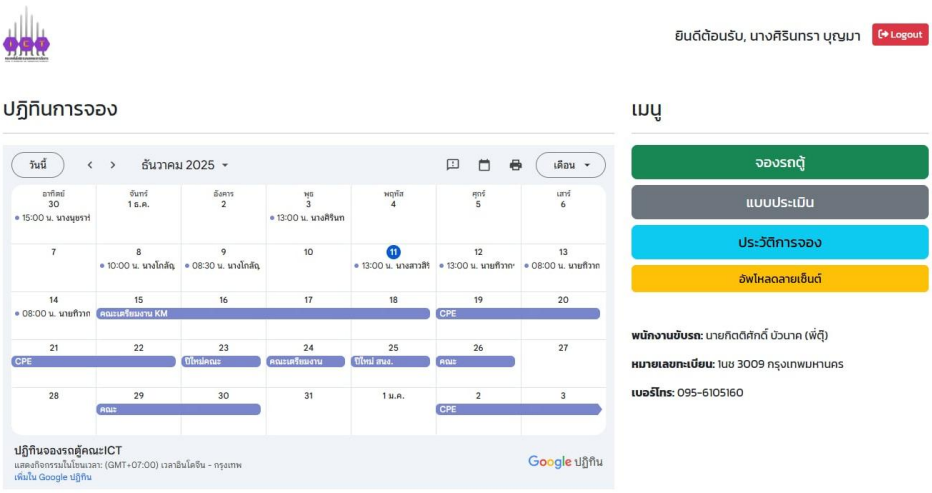
จากภาพที่ 3 แสดงการรับ–ส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานระบบกับระบบสารสนเทศ เช่น ข้อมูลการจองรถ ข้อมูลผู้ใช้บริการ ข้อมูลการเดินทาง และข้อมูลสรุปการใช้งาน โดยผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูล ตรวจสอบสถานะ และรับข้อมูลตอบกลับจากระบบได้

ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา



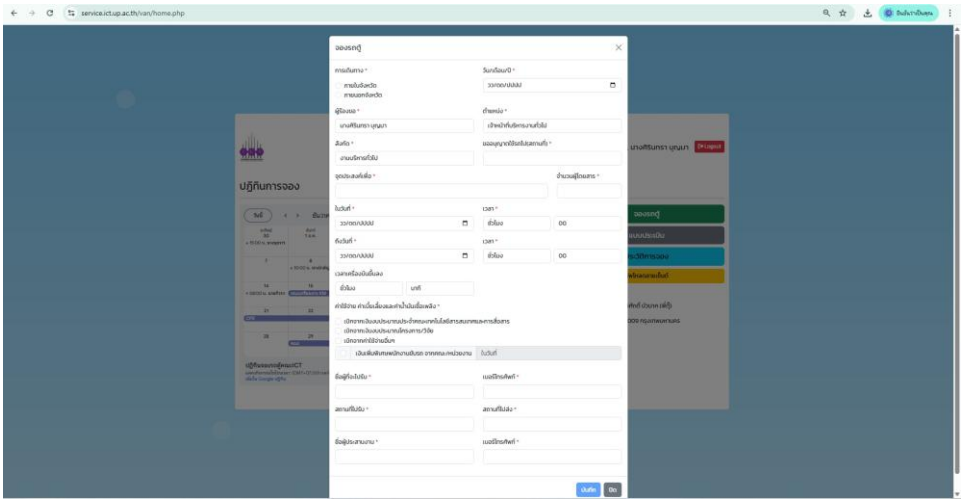
ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอเข้าสู่ระบบ

จากภาพที่ 4 แสดงหน้าเข้าสู่ระบบที่ผู้ใช้งานต้องทำการยืนยันตัวตนด้วยบัญชี Microsoft 365 ก่อนเข้าถึงระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ เพื่อความปลอดภัยและจำกัดสิทธิ์เฉพาะบุคลากรที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น



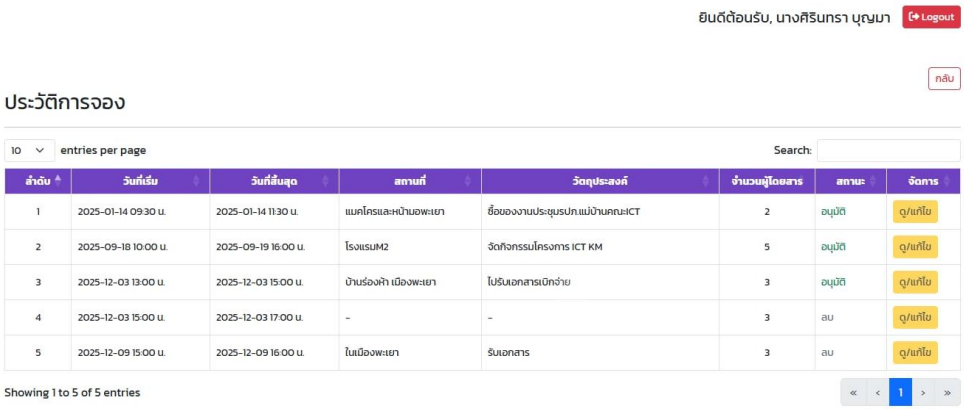
ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอข้อมูลการใช้งานระบบ

จากภาพที่ 5 แสดงหน้าจอข้อมูลการใช้งานระบบ หน้าจอนี้แสดงปฏิทินการจองรถตู้ของคณะในรูปแบบปฏิทินรายเดือน พร้อมเมนูการใช้งานหลัก ได้แก่ การจองรถ แบบประเมิน ประวัติการจอง และอัปโหลดลายเซ็น ทั้งยังแสดงข้อมูลพนักงานขับรถ หมายเลขทะเบียนรถ และช่องทางติดต่อ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อมูลการจองและจัดการการใช้งานได้อย่างสะดวกและเป็นระบบ



ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอการกรอกรายละเอียดการจองรถตู้

จากภาพที่ 5 แสดงหน้าจอการกรอกรายละเอียดการจองรถตู้ หน้าจอนี้แสดงแบบฟอร์มสำหรับบันทึกรายละเอียดการจองรถตู้ ประกอบด้วยข้อมูลผู้ขอใช้รถ จุดประสงค์การเดินทาง วัน–เวลาไปกลับ จำนวนผู้เดินทาง สถานที่นัดหมาย และข้อมูลเพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับการจัดการยานพาหนะ ระบบออกแบบให้ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลได้อย่างครบถ้วนในหน้าเดียว ช่วยลดความผิดพลาด เพิ่มความสะดวก และรองรับการประสานงานระหว่างผู้ใช้บริการกับผู้ดูแลระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอประวัติการจองรถตู้

แสดงหน้าจอประวัติการจองรถตู้ หน้าจอนี้แสดงประวัติการจองรถตู้ของผู้ใช้งาน โดยระบบจะแสดงข้อมูลสำคัญ ได้แก่ วัน–เวลาเดินทาง สถานที่ วัตถุประสงค์การใช้งาน จำนวนผู้โดยสาร สถานะการอนุมัติ และปุ่มสำหรับดูรายละเอียดเพิ่มเติมของแต่ละรายการ ระบบออกแบบให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการจองย้อนหลังได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และช่วยเพิ่มความโปร่งใสในการจัดการข้อมูลการใช้งานรถตู้ของคณะ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการ

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจต่อระบบด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการ

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ระบบสามารถแสดงปฏิทินการจองรถตู้	4.83	0.48	มากที่สุด
2. ระบบสามารถกรอกข้อมูลการจองรถตู้	4.79	0.51	มากที่สุด
3. ระบบสามารถแสดงข้อมูลประวัติการจองรถตู้	4.96	0.20	มากที่สุด
4. ระบบสามารถแสดงข้อมูลคนขับรถและข้อมูลรถตู้	4.75	0.61	มากที่สุด
ผลรวม	4.83	0.47	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ความพึงพอใจต่อระบบด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.47) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ระบบสามารถแสดงข้อมูลประวัติการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.96, S.D.=0.20) รองลงมาคือ “ระบบสามารถแสดงปฏิทินการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.48)

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจต่อระบบด้านหน้าที่ของระบบ

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ความถูกต้องของการแสดงปฏิทินการจองรถตู้	4.79	0.41	มากที่สุด
2. ความถูกต้องของการแสดงแบบฟอร์มการจองรถตู้	4.71	0.62	มากที่สุด
3. ความถูกต้องของการแสดงข้อมูลประวัติการจองรถตู้	4.83	0.38	มากที่สุด
4. ความถูกต้องของการแสดงข้อมูลคนขับรถและข้อมูลรถตู้	4.75	0.44	มากที่สุด
ผลรวม	4.77	0.47	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ความพึงพอใจต่อระบบด้านหน้าที่ของระบบ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.77, S.D.=0.47) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ความถูกต้องของการแสดงข้อมูลประวัติการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.38) รองลงมาคือ “ความถูกต้องของการแสดงปฏิทินการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.79, S.D.=0.41)

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจต่อระบบด้านการใช้งานระบบ

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ระบบมีความเหมาะสมของหน้าจอการใช้งาน	4.79	0.41	มากที่สุด
2. ระบบมีความเหมาะสมในการเลือกตัวอักษร ขนาด และสีในการแสดงผลข้อมูล	4.63	0.65	มากที่สุด
3. ระบบช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน	4.88	0.34	มากที่สุด
4. ระบบง่ายต่อการใช้งาน	4.79	0.41	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมของระบบภาพรวม	4.79	0.41	มากที่สุด
ผลรวม	4.78	0.46	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ความพึงพอใจต่อระบบด้านการใช้งานระบบ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.78, S.D.=0.46) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ระบบช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน” ($\bar{x}$ = 4.88, S.D.=0.34) รองลงมาคือ “ระบบมีความเหมาะสมของหน้าจอการใช้งาน” “ระบบง่ายต่อการใช้งาน” และ “ความเหมาะสมของระบบภาพรวม” ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{x}$ = 4.79, S.D.=0.41)

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจต่อระบบด้านประสิทธิภาพของระบบ

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ลดขั้นตอนและลดระยะเวลาในการติดต่อประสานงาน	4.96	0.20	มากที่สุด
2. ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลตารางรถตู้ที่ต้องการใช้งานตามวันและเวลา	4.83	0.38	มากที่สุด
3. ผู้ใช้งานสามารถจองรถตู้ได้ทุกที่ทุกเวลารวมถึงรับทราบสถานะการดำเนินการ	4.96	0.20	มากที่สุด
4. ระบบมีการบันทึกประวัติการขอใช้รถตู้ ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการขอใช้งานได้ด้วยตนเอง	4.96	0.20	มากที่สุด
5. การทำงานของระบบมีความรวดเร็ว ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ	4.79	0.41	มากที่สุด
ผลรวม	4.90	0.30	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 ความพึงพอใจต่อระบบด้านประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.90, S.D.=0.30) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ลดขั้นตอนและลดระยะเวลาในการติดต่อประสานงาน” “ผู้ใช้งานสามารถจองรถตู้ได้ทุกที่ทุกเวลารวมถึงรับทราบสถานะการดำเนินการ” และ “ระบบมีการบันทึกประวัติการขอใช้รถตู้ ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการขอใช้งานได้ด้วยตนเอง” ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{x}$ = 4.96, S.D.=0.20) รองลงมาคือ “ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลตารางรถตู้ที่ต้องการใช้งานตามวันและเวลา” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.38)

สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา และ 2) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบหลังการนำไปใช้งานจริง กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยบุคลากรสายสนับสนุนของคณะจำนวน 23 คน ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการจองรถตู้ตามนโยบาย One Stop Service โดยเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ 5 ระดับ และวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สรุปผลได้ดังนี้

1. ความพึงพอใจด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการ ผลการประเมินพบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.47) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ระบบสามารถแสดงข้อมูลประวัติการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.96, S.D.=0.20) รองลงมาคือ “ระบบสามารถแสดงปฏิทินการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.48)

2. ความพึงพอใจต่อระบบด้านหน้าที่ของระบบ ผลการประเมินพบว่า ภาพรวมมีอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.77, S.D.=0.47) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ความถูกต้องของการแสดงข้อมูลประวัติการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.38) รองลงมาคือ “ความถูกต้องของการแสดงปฏิทินการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.79, S.D.=0.41)

3. ความพึงพอใจต่อระบบด้านการใช้งานระบบ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.78, S.D.=0.46) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ระบบช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน” ($\bar{x}$ = 4.88, S.D.=0.34) รองลงมาคือ “ระบบมีความเหมาะสมของหน้าจอการใช้งาน” “ระบบง่ายต่อการใช้งาน” และ “ความเหมาะสมของระบบภาพรวม” ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{x}$ = 4.79, S.D.=0.41)

4. ความพึงพอใจต่อระบบด้านประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.90, S.D.=0.30) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ลดขั้นตอนและลดระยะเวลาในการติดต่อประสานงาน” “ผู้ใช้งานสามารถจองรถตู้ได้ทุกที่ทุกเวลารวมถึงรับทราบสถานะการดำเนินการ” และ “ระบบมีการบันทึกประวัติการขอใช้รถตู้ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการขอใช้งานได้ด้วยตนเอง” ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{x}$ = 4.96, S.D.=0.20) รองลงมาคือ “ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลตารางรถตู้ที่ต้องการใช้งานตามวันและเวลา” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.38)

โดยสรุป ภาพรวมของความพึงพอใจทุกด้านอยู่ในระดับ “มากที่สุด” สะท้อนว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองทั้งการทำงานตามภารกิจของคณะและประสบการณ์ใช้งานของบุคลากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบ

อภิปรายผลการวิจัย

ด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ =4.83, S.D.=0.47) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ “ระบบสามารถแสดงข้อมูลประวัติการจองรถตู้” ($\bar{x}$ =4.96, S.D.=0.20) รองลงมาคือ “ระบบสามารถแสดงปฏิทินการจองรถตู้” ($\bar{x}$ =4.83, S.D.=0.48) ซึ่งสะท้อนว่า ผู้ใช้ให้ความสำคัญอย่างมากกับระบบที่มีความครบถ้วนถูกต้อง และตอบโจทย์ความต้องการในการใช้งานจริงในงานบริหารจัดการรถตู้ของคณะ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ DeLone และ McLean (2003) ใน Information System Success Model ที่ชี้ว่าองค์ประกอบสำคัญที่สุดที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้คือ คุณภาพของข้อมูล (Information Quality) และ คุณภาพของระบบ (System Quality) โดยเฉพาะในระบบที่เน้นการจัดการข้อมูลเชิงปฏิบัติการ หากระบบสามารถนำเสนอข้อมูลที่ถูกต้อง ทันสมัย และตรวจสอบย้อนหลังได้ จะช่วยลดความคลาดเคลื่อน ลดภาระงานเอกสาร และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องอย่างยิ่งกับข้อค้นพบในงานนี้ที่ระบุว่า ผู้ใช้เห็นว่าระบบมีการแสดงข้อมูลประวัติและขั้นตอนการจองได้อย่างเป็นระบบและเชื่อถือได้

ด้านหน้าที่ของระบบอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.77, S.D.=0.47) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ “ความถูกต้องของการแสดงข้อมูลประวัติการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.38) รองลงมาคือ “ความถูกต้องของการแสดงปฏิทินการจองรถตู้” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.38) ซึ่งสะท้อนว่า ผู้ใช้งานให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับระบบที่สามารถประมวลผลและนำเสนอข้อมูลได้ถูกต้องครบถ้วน เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการวางแผนการตรวจสอบ และการตัดสินใจในงานบริหารจัดการรถตู้ หากระบบสามารถแสดงข้อมูลได้อย่างแม่นยำ จะช่วยลดความผิดพลาด ลดความซ้ำซ้อนของขั้นตอนงาน และเพิ่มความโปร่งใสในการตรวจสอบย้อนหลัง จึงทำให้ผู้ใช้งานรับรู้ว่าระบบมีความน่าเชื่อถือและรองรับลักษณะงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ สหชัย งานชัยภูมิ (2559) ซึ่งศึกษาการพัฒนาระบบบริหารจัดการงานยานพาหนะ โดยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงในด้านระยะเวลาในการค้นหาข้อมูลยานพาหนะ รวมถึงการแสดงข้อมูลปฏิทินการเดินทาง ที่ถูกต้องและทันสมัย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดเวลาการสืบค้นและป้องกันการจองซ้ำซ้อน

ด้านการใช้งานระบบอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.78, S.D.=0.46) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ “ระบบช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน” ($\bar{x}$ = 4.88, S.D.=0.34) รองลงมาคือ “ระบบมีความเหมาะสมของหน้าจอการใช้งาน” “ระบบง่ายต่อการใช้งาน” และ “ความเหมาะสมของระบบภาพรวม” ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{x}$ = 4.79, S.D.=0.41) ซึ่งสะท้อนว่า ผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับระบบที่มีความสะดวก ใช้งานง่าย และสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในบริบทงานบริหารจัดการรถตู้ ซึ่งเป็นงานเชิงปฏิบัติการที่ต้องการความรวดเร็ว ถูกต้อง และลดภาระงานเอกสาร ระบบที่ช่วยลดขั้นตอนและทำให้การดำเนินงานราบรื่นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ การที่ผู้ใช้ประเมิน “ความเหมาะสมของหน้าจอ” และ “ความง่ายต่อการใช้งาน” ในระดับสูง สะท้อนว่าการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) และประสบการณ์การใช้งาน (User Experience) มีความสอดคล้องกับลักษณะงานประจำของบุคลากรสายสนับสนุน ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้และใช้งานระบบได้โดยไม่ต้องอาศัยทักษะด้านเทคโนโลยีขั้นสูง ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ระบบมีความพร้อมในการสนับสนุนการใช้งานจริงในบริบทงานภายในคณะ โดยช่วยลดความผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลด้วยตนเอง เพิ่มความชัดเจนในการตรวจสอบสถานะการจอง และช่วยให้ขั้นตอนการประสานงานกับผู้ใช้บริการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Nielsen (1993) ที่ระบุว่า หน้าจอที่ออกแบบดีควรช่วยลดภาระทางการรับรู้ (Cognitive Load) ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเรียนรู้มาก ซึ่งสะท้อนโดยตรงกับบุคลากรสายสนับสนุนที่อาจไม่ได้มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมากนักแต่สามารถใช้งานได้ทันที และสอดคล้องกับงานของ Davis (1989) ที่ระบุว่า “ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use)” เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจในการใช้งานระบบในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นมิตรต่อผู้ใช้และตอบโจทย์การทำงานจริงอย่างชัดเจน

ด้านประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.90, S.D.=0.30) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ลดขั้นตอนและลดระยะเวลาในการติดต่อประสานงาน” “ผู้ใช้งานสามารถจองรถตู้ได้ทุกที่ทุกเวลารวมถึงรับทราบสถานะการดำเนินการ” และ “ระบบมีการบันทึกประวัติการขอใช้รถตู้ ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการขอใช้งานได้ด้วยตนเอง” ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{x}$ = 4.96, S.D.=0.20) รองลงมาคือ “ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลตารางรถตู้ที่ต้องการใช้งานตามวันและเวลา” ($\bar{x}$ = 4.83, S.D.=0.38) ซึ่งสะท้อนว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการด้านความรวดเร็ว ความถูกต้อง และการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยลดการทำงานซ้ำซ้อนในกระบวนการจองรถตู้ และเพิ่มความคล่องตัวในการประสานงานระหว่างผู้ใช้บริการและผู้รับผิดชอบงานยานพาหนะ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ เรวรรณ รอดราวี (2560) ที่ระบุว่า ระบบสารสนเทศช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงาน เพิ่มความรวดเร็ว และลดภาระงานเอกสารของเจ้าหน้าที่ได้ โดยผู้ใช้สามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้สะดวกมากขึ้น และช่วยลด

ความคลาดเคลื่อนจากการบันทึกแบบเอกสาร ทั้งยังทำให้การบริหารจัดการยานพาหนะมีความโปร่งใสและตรวจสอบได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องโดยตรงกับผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถลดเวลาในการประสานงาน ตรวจสอบสถานะได้ด้วยตนเอง และเพิ่มความชัดเจนของขั้นตอนการขอใช้รถตู้ภายในคณะ

ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถามต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ พบว่า ผู้ใช้งานมีประเด็นข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบในระยะต่อไป คือ ผู้ใช้งานเสนอให้ระบบมีฟังก์ชันดาวน์โหลดเอกสารการจองที่ได้รับอนุมัติ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบเอกสารย้อนหลัง โดยเฉพาะในกรณีที่มีการจองหลายครั้ง ในด้านการออกแบบหน้าตาระบบผู้ใช้งานะนะนำให้ปรับปรุงความสวยงามและความถูกต้องของข้อความ เพื่อให้การใช้งานมีความชัดเจนและเป็นมิตรมากยิ่งขึ้น และเพื่อเพิ่มความคล่องตัวในการใช้งาน ผู้ใช้บางรายเสนอให้พัฒนาระบบในรูปแบบ Mobile Application เพื่อให้สามารถเข้าถึงได้สะดวกผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรสายสนับสนุนของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบประเมิน ให้ข้อมูลประกอบการพัฒนา และมีส่วนร่วมในการทดลองใช้ระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการรถตู้ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสมบูรณ์ของงานวิจัยนี้ ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรับข้อเสนอแนะอันมีค่าจากผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน เพื่อนำไปพัฒนางานวิจัยและระบบสารสนเทศให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมยิ่งขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

สหชัย งานชัยภูมิ. (2559). การพัฒนาระบบบริหารจัดการงานยานพาหนะ. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

เรวรรณ รอดราวี. (2560). การวิเคราะห์และออกแบบระบบจองรถยนต์ราชการส่วนกลาง. รายงานการวิเคราะห์. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340.

DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. Journal of Management Information Systems, 19(4), 9–30. https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748

Nielsen, J. (1994). Usability engineering. Morgan Kaufmann.

การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

The application of QR codes and video media for audiovisual services, School of Information and Communication Technology, University of Phayao

ภานุวัฒน์ โลมากุล[1*] และ นิติ เอี่ยมชื่น[2]

Panuwat Lomakun[1*] and Niti Iamchuen[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จุดมุ่งหมายที่สำคัญของการวิจัย เพื่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดกับสื่อวีดีโอและยกระดับการให้บริการงานโสตทัศนศึกษาและใช้ในการสนับสนุนงานการให้บริการโสตทัศนศึกษาที่ดียิ่งขึ้นภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และเพื่อพัฒนาคุณภาพข้อมูลเนื้อหาสาระสารสนเทศเครื่องมือสื่อโสตทัศนศึกษาให้เกิดความสะดวกและเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็วผ่านการใช้งานคิวอาร์โค้ดกับสื่อวีดีโอสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้งานคิวอาร์โค้ดกับสื่อวีดีโอสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษาโดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้บริการหน่วยโสตทัศนศึกษา เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากบุคลากรภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ประกอบไปด้วย ผู้บริหาร อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ จากจำนวนตัวอย่างที่ความเชื่อมั่น 95% ระดับความคาดเคลื่อน (e) ±5% กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างของเครซี่และมอร์แกน คือ จำนวน 71 คนใช้สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลจากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของบุคลากรต่อการใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านการใช้งานทั่วไป ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.34 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.61 อยู่ในระดับความพึงพอใจ มากที่สุด โดยในด้านการประมวลผลข้อมูล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.63 อยู่ในระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ด้านการประเมินสื่อวิดีโอมีเดีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.63 อยู่ในระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ด้านประโยชน์ที่ได้รับมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.41 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.56 อยู่ในระดับความพึงพอใจ มากที่สุด และด้านวัสดุที่ใช้ในการจัดแสดงคิวอาร์โค้ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.20 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.68 อยู่ระดับความพึงพอใจ มาก ตามลำดับ

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ, ระบบสารสนเทศเชิงปฏิบัติการ, การบริหารจัดการรถตู้, การพัฒนาระบบ

[1] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] หน่วยวิจัยพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of Information and Communication Technology University of Phayao, Phayao 56000

[2] Research Unit of Spatial Innovation Development, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

[*]Corresponding author: panuwat02@up.ac.th

Abstract

This research aimed to apply QR code technology for multimedia to enhance the better audiovisual services within the School of information and communication technology. To improve the quality of information and content of audiovisual media tools to facilitate and access information quickly through the use of QR code and video media for the audiovisual services in the School of information and communication technology. The data and sample are collected to evaluate the user satisfaction by using the questionnaire as a tool. The sample consists of dean, vice-deans, lecturers and staffs. Based on the number of samples with 95 percent confidence and the tolerance level is (e) ±5%. The 71 samples are selected by using the Krejcie and Morgan with the use of statistics, percentages, means and standard deviations.

The results of the analysis of staff's satisfaction with the use of QR code technology and video media for audiovisual services. In terms of general use, the overall average value was $\bar{x}$ = 4.34 the standard deviation S.D. = 0.61 was the most satisfied. It has an average value of $\bar{x}$ = 4.31 the standard deviation S.D. = 0.63 is the most satisfactory in term of benefits. The average of satisfaction scale value was $\bar{x}$ = 4.41, standard deviation S.D. = 0.56 and materials used in the QR code display was on $\bar{x}$ = 4.20, the standard deviation S.D.=0.68 is very satisfied.

Keywords: Application of QR code technology, Video media, Service satisfaction, Audiovisual, School of information and communication technology, University of Phayao

บทนำ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยพะเยา มีนโยบายยุทธศาสตรที่ 6 การบริหารที่มีประสิทธิภาพและโปรงใส (มหาวิทยาลัยพะเยา, 2562) ซึ่งมีบริบทการบริหารจัดการมหาวิทยาลัยจึงต้องปรับเปลี่ยนให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเทคโนโลยีที่มีการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดเกิดความคุ้มค่าต่อการให้บริการและการใช้งานได้อย่างเหมาะสม โดยมหาวิทยาลัยพะเยาตองเปนมหาวิทยาลัยที่มีคุณภาพและเปนที่ยอมรับของสังคมสูการเปน Smart University และที่สำคัญคือ การแขงขันมหาวิทยาลัยตองคำนึงถึงทางอยูรอดของการบริหารจัดการในดานงบประมาณ และการบริการในด้านต่าง ๆ ยึดมั่นในหลักบริหารดวยหลักธรรมาภิบาล ในทุกระดับการบริหารการยึดถือปฏิบัติตามระเบียบ ขอบังคับและประกาศกำหนด ยึดมั่นในความถูกตองดีงามโปรงใสตรวจสอบไดเปดโอกาสใหบุคลากรมีส่วนร่วมรับรูและแสดงความคิดเห็น มีความรับผิดชอบกระตือรือรนในการแกไขปญหา และบริหารจัดการทรัพยากรอยางคุมคาและก่อให้เกิดประโยชนสูงสุดตอสวนรวมปฏิบัติงานบรรลุผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา หน่วยโสตทัศนศึกษาได้รับผิดชอบการให้บริการการใช้งานโสตทัศนูปกรณ์ ในการอำนวยความสะดวกทางด้านการจัดการเรียนการสอนการวิจัยในชั้นเรียน การบริการวิชาการ และการปฏิบัติงานของบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน ตลอดจนการให้บริการด้านการใช้งานทรัพยากรโสตทัศนศึกษา วัสดุ อุปกรณ์ และการเข้าถึงแหล่งข้อมูลการใช้งานหรือคำแนะนำ ยังต้องอาศัยเทคนิคการพัฒนาวิธีการในการนำเสนอและการเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ สำหรับการปฏิบัตินั้นจะต้องมีการแนะนำวิธีการและสร้างความเข้าใจ ด้วยเหตุผลเชิงจำนวนข้อมูลที่มีอยู่เพื่อนำมาเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานและนำเสนอผ่านสื่อวีดีโอ ข้อดีที่แตกต่างจากข้อมูลรูปแบบเดิมนั้น คือ มีการใช้งานในปัจจุบันเป็นเพียงข้อมูลเนื้อหาโดยใช้งานผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ดแล้วปรากฏเป็นเอกสารรูปแบบสื่อออนไลน์และมีเนื้อหาจำนวนมากส่งผลต่อระยะเวลาในการอ่านและ

การจัดเตรียมอุปกรณ์ทั้งการทำความเข้าใจต่ออุปกรณ์นั้น ๆ ทำให้เสียเวลาในการอ่านเอกสารแบบออนไลน์ ซึ่งเนื้อหาเอกสารนั้นเป็นรูปแบบการอธิบายวิธีการใช้งานโสตทัศนูปกรณ์ เพียงเท่านั้น และยังสร้างความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งานในเชิงวิธีปฏิบัติจึงนำมาสู่เทคนิควิธีการเพื่อสนับสนุนการพัฒนาข้อมูลที่มีอยู่สู่การนำเสนอในรูปแบบสื่อวีดีโอแนะนำเพื่อที่จะสร้างความเข้าใจให้ได้ดีมากยิ่งขึ้น ผ่านการรับรู้ การได้ยินเสียงและเห็นภาพแสดงสาธิตหรือคำอธิบายบรรยายสั้น ๆ ได้ และยังก่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วผ่านเครื่องข่ายสื่อออนไลน์เว็บไซต์ที่สามารถสืบค้นและค้นหานำมาเชื่อมต่อลิงค์เข้าหากันเป็นการนำเสนอสื่อวีดีโอ โดยการนำเทคโนโลยีในยุคปัจจุบันที่สามารถนำมาพัฒนาประยุกต์ปรับใช้ในด้านการให้บริการที่ดียิ่งขึ้น ตามปรัชญาของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ว่า “เทคโนโลยีสารสนเทศสรรสร้างองค์ความรู้ สร้างสานชีวิตสู่สากล” (คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2565)

ดังนั้นหน่วยโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเนื้อหาข้อมูลที่มีอยู่เพื่อเรียบเรียงการใช้งานต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่มีอยู่ สร้างคำบรรยายเป็นขั้นเป็นตอนและนำเทคนิควิธีการบันทึกวีดีโอและองค์ความรู้เทคนิคด้านการตัดต่อเข้ามาผสมภาพและเสียง จัดเก็บและทำการบันทึกไว้บนอินเตอร์เน็ตผ่านช่องทางสื่อออนไลน์ที่ตอบสนองต่อการใช้งานและนำมาเพื่อเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดมาจัดทำในการสนับสนุนงานให้บริการโสตทัศนศึกษาภายในหน่วยงาน เกิดวิธีการประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดมากับการปฏิบัติงานและช่วยลดกระบวนการขั้นตอนการอธิบายเทคนิค วิธีการ จากผู้ให้บริการโสตทัศนศึกษาโดยผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลของอุปกรณ์ได้ด้วยตนเองผ่านเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดที่นำมาพัฒนาประยุกต์ใช้งานและลิงค์กับข้อมูลสารสนเทศของอุปกรณ์จากฐานข้อมูลออนไลน์ที่มีการจัดเก็บเป็นรูปแบบข้อมูลให้แสดงปรากฏบนสมาร์ทโฟนเคลื่อนที่เป็นลักษณะสื่อวีดีโอและสามารถศึกษาทำความเข้าใจได้ง่ายซึ่งจะเปลี่ยนมาเป็นรูปแบบออนไลน์ด้วยวิธีการนำสมาร์ทโฟนมาสแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อเข้าถึงข้อมูลสื่อวีดีโอที่ได้จัดทำขึ้นและรายละเอียดของอุปกรณ์สามารถนำไปใช้ช่วยลดขั้นตอนเพิ่มช่องทางในการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม โดยมีเป้าหมายให้เป็นสื่อกลางในการเข้าถึงข้อมูลการใช้งานของโสตทัศนูปกรณ์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีทรัพยากร วัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์จำนวนมาก จึงต้องอาศัยการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อมารองรับกระบวนการทำงานให้เกิดความสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพต่อการรับบริการโสตทัศนศึกษาเพื่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยาต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดกับสื่อวีดีโอและยกระดับการให้บริการงานโสตทัศนศึกษาและใช้ในการสนับสนุนงานการให้บริการโสตทัศนศึกษาที่ดียิ่งขึ้น ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
2. เพื่อพัฒนาคุณภาพข้อมูลเนื้อหาสาระสารสนเทศเครื่องมือสื่อโสตทัศนศึกษาให้เกิดความสะดวกและเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็วผ่านการใช้งานคิวอาร์โค้ดกับสื่อวีดีโอสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษาภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดกับสื่อวีดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

กรอบแนวคิด

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเอาสิ่งที่พัฒนาแล้วนำมาประยุกต์ใช้งานให้ดียิ่งขึ้นและเกิดความสะดวกต่อการใช้งานและการรับรู้ผ่านสื่อรูปภาพวิดีโอเคลื่อนไหวมีความกระชับมากยิ่งขึ้น พร้อมกับการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและลดความซ้ำซ้อนต่อการให้บริการโสตทัศนศึกษาและการสะดวกในการเข้าถึงเนื้อคู่มือที่รวดเร็วเพื่อใช้ ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและการประเมินความพึงพอใจจากผู้รับบริการหรือกลุ่มตัวอย่างผ่านการใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดได้กำหนดกรอบแนวคิดไว้ ดังนี้

ตัวแปรต้น

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอในการนำมาสนับสนุนการให้บริการโสตทัศนศึกษา

ตัวแปรตาม

ผลจากการใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอที่ประยุกต์ใช้ขึ้นมาในการสนับสนุนการให้บริการหน่วยโสตทัศนศึกษา ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ก่อให้เกิดคุณภาพด้านการให้บริการและการปรับรูปแบบการให้บริการที่ดียิ่งขึ้น ด้านการรับรู้มีความสะดวกและเข้าใจต่อสื่อและข้อมูลผ่านการนำเสนอในรูปแบบสื่อวิดีโอ ช่วยลดขั้นตอนและประหยัดเวลา

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีวิทยาการวิจัย

หลักการและวิธีการนำข้อมูลคู่มือปฏิบัติงานโสตทัศนศึกษา ประยุกต์ใช้งานกับคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดีย

1. การนำเอาข้อมูลเนื้อหาสาระที่มีอยู่หรือเกิดจากการพัฒนามาจากงานวิจัยฉบับก่อน เรื่องการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดในการสนับสนุนงานโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยวิธีการใช้งานผ่านคิวอาร์โค้ดและลิงค์ไปยังสื่อกราฟิกแสดงเนื้อหาข้อมูลอธิบายการทำงานและวิธีการบำรุงรักษา (รูปแบบเดิมที่พัฒนาขึ้นมา)

2. จากการใช้งานและข้อเสนอแนะของผู้ใช้งานที่ผ่านมาเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอเนื้อหาข้อมูลที่มีอยู่จำนวนมากนั้น ควรมีการปรับเปลี่ยนการนำเสนอข้อมูลให้กระชับมากยิ่งขึ้น เพื่อลดระยะเวลาในการอ่านหรือทำการศึกษาด้วยตนเอง ควรมีสื่อมีเดียหรือคลิปวิดีโอนำมาใช้งานร่วมจะเกิดคุณค่าและมีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น

3. ผู้วิจัยศึกษาหลักการและวิธีการในการนำเนื้อข้อมูลที่ได้จากการพัฒนามาสู่การประยุกต์ใช้งานผ่านสื่อวิดีโอ ด้วยวิธีการ สรุปเนื้อให้มีความกระชับและเข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น ผ่านการนำเสนอด้วยภาพและเสียงหรือการบรรยาย รวมทั้งการตัดต่อคลิปการจัดเก็บไฟล์สื่อ การนำไปใช้งานโดยการเชื่อมต่อผ่านลิงค์แล้วนำสิ่งที่ได้ไปแปลงเป็นรหัสคิวอาร์โค้ด เมื่อได้คิวอาร์โค้ดที่ตรงกับเนื้อหาของลิงค์แล้วจะไปสู่กระบวนการจัดพิมพ์สติ๊กเกอร์เพื่อนำไปติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์ที่มีอยู่ให้บริการภายในงานโสตทัศนศึกษา (รูปแบบการประยุกต์ใช้งานใหม่)

ตารางที่ 1 แสดงสื่อวิดีโอที่จัดทำขึ้นเพื่อเชื่อมต่อกับคิวอาร์โค้ดและลิงค์

	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานเครื่องเครื่องคอมพิวเตอร์พกพากับเครื่องฉายภาพ https://shorturl.asia/ETtok
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานชุดประชุมออนไลน์ Video Conference System https://shorturl.asia/jaR39
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานจอฉายภาพโปรเจคเตอร์แบบดึง https://shorturl.asia/29mZd
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานเครื่องขยายเสียง(Amplifiers) ICT 1312 ห้องประชุมแม่กา https://shorturl.asia/MDW6X
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานเครื่องขยายเสียง(Amplifiers) ICT1302 ห้องประชุม ICT https://shorturl.asia/eziWF

	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานเครื่องฉายภาพโปรเจคเตอร์ https://shorturl.asia/bXw0i
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานอุปกรณ์จอฉายภาพแบบปุ่มสวิตช์ควบคุมการ ขึ้น – ลง ของจอฉายภาพ https://shorturl.asia/85d0b
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานอุปกรณ์สายสัญญาณและอุปกรณ์แปลงสัญญาณภาพเสียง https://shorturl.asia/85d0b

การกำหนดขอบเขตขนาดของป้ายที่ใช้ในการจัดทำ QR code และขนาดที่เหมาะสมของ QR code



ภาพที่ 2 ตัวอย่างรูปแบบขนาดของสติ๊กเกอร์และคิวอาร์โค้ด

ขนาดของสติกเกอร์ที่ใช้ในการติดตั้งกำหนดไว้ที่ 4.5 x 7 เซนติเมตร ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าเป็นขนาดที่เหมาะสมอย่างยิ่งกับการใช้งานร่วมกับเครื่องมือและอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์ อีกทั้งยังช่วยให้สามารถมองเห็นรายละเอียดและเนื้อหาบนสติกเกอร์ได้อย่างชัดเจน ในส่วนของรหัส QR Code นั้น มีขนาดกำหนดที่ 2 x 2 เซนติเมตร ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการอ่านจึงขยายให้มีสัดส่วนที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

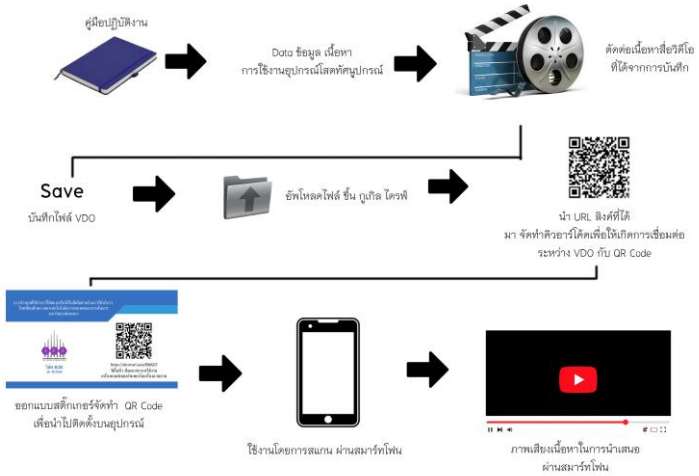
ข้อมูลบ่งชี้ว่ายิ่งโค้ด QR มีขนาดใหญ่เท่าใด ยิ่งส่งผลดีต่อการอ่านรหัสมากขึ้นอย่างไรก็ตาม ได้มีการระบุขนาดขั้นต่ำที่แนะนำสำหรับการพิมพ์รหัส QR คือ 1 x 1 เซนติเมตร หรือมากกว่าและต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งมิลลิเมตร เพื่อให้กล้องสมาร์ทโฟนที่มีความละเอียดเหมาะสมสามารถอ่านโค้ดได้อย่างง่ายดาย สำหรับขนาดที่เหมาะสมที่สุดของรหัส QR ในปัจจุบันคือ 1.2 x 1.2 เซนติเมตรขึ้นไป เพื่อให้มั่นใจถึงความถูกต้องแม่นยำในการอ่าน นอกจากนี้ความชัดเจนของการอ่านรหัสยังขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวและความคมชัดของสิ่งพิมพ์ว่ามีคุณภาพมากน้อยเพียงใด โดยขนาดดังกล่าวนี้ยังคงสามารถมองเห็นด้วยสายตาเปล่าของบุคคลทั่วไปได้อย่างชัดเจน ปัจจัยหลักของการเข้าถึงรหัส QR คือ ความสามารถของเครื่องอ่านสแกนหรือกล้องสมาร์ทโฟนในการส่องและถอดรหัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านการออกแบบ สีของรหัส QR ได้ถูกกำหนดให้เป็นพื้นหลังสีขาวตัดกับตัวรหัสสีดำ ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของสีที่สูงสุด (Maximum Contrast) เพื่อให้เหมาะสมที่สุดสำหรับการสแกนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้บนรูปภาพหรือสื่อประกอบเนื้อหาได้อย่างกลมกลืนและชัดเจน อ้างอิง https://me-qr.com/th/qr-code-generator. 8 ธันวาคม 2568.

ตารางที่ 2 แสดงรูปแบบสติ๊กเกอร์คิวอาร์โค้ดที่พัฒนาขึ้นจากการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด

	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานเครื่องเครื่องคอมพิวเตอร์พกพากับเครื่องฉายภาพ
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานชุดประชุมออนไลน์ Video Conference System
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานจอฉายภาพโปรเจคเตอร์แบบดึง
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานเครื่องขยายเสียง (Amplifiers) ICT 1312 ห้องประชุมแม่กา
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานเครื่องขยายเสียง (Amplifiers) ICT1302 ห้องประชุม ICT

	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานเครื่องฉายภาพโปรเจคเตอร์
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานอุปกรณ์จอฉายภาพแบบปุ่มสวิตซ์ควบคุมการ ขึ้น – ลง ของจอฉายภาพ
	วิดีโอสื่อแนะนำการใช้งานอุปกรณ์สายสัญญาณและอุปกรณ์แปลงสัญญาณภาพเสียง

4. ศึกษาปัญหาและทำการแก้ไขเพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุดและบันทึกจัดเก็บให้สมบูรณ์เมื่อทำการทดลองใช้งานก็เก็บผลเพื่อทำข้อสรุปการใช้งานพร้อมอภิปรายผลการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 3 แสดงหลักการวิธีการประยุกต์การใช้งานคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดีย

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดพื้นฐานของ QR Code สำหรับ video และวิธีการทำงาน

ด้วยวิธีการค้นหาวณุปแบบใหม่ในการเพิ่มจำนวนการดู video ทำให้เป็นเรื่องยากในการดำเนินการจากการแข่งขันระหว่างผู้มีอิทธิพลในวิดีโอที่เข้มข้นขึ้น สำหรับ QR Code วิดีโอจึงเป็นเครื่องมือในการจัดการเพื่อผลลัพธ์ที่ตอบสนองต่อความต้องการในยุคปัจจุบันได้(admin August 10, 2020 ที่มา https://www.ko.in.th/ สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2565)

QR Code สำหรับ video คืออะไร

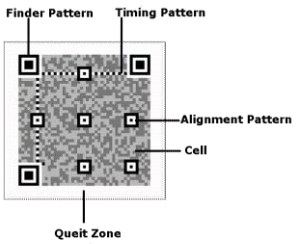
คำว่า QR Code สำหรับวิดีโอนั้น คือเป็นคิวอาร์โค้ดประเภทหนึ่งที่มีลิงค์เว็บไซต์ของวิดีโอหรือคลิปวิดีโอสั้น ๆ คิวอาร์โค้ดประเภทนี้มักจะนิยมใช้กันในด้านการตลาดธุรกิจการศึกษาการดูแลสุขภาพและการเดินทางคิวอาร์โค้ดสำหรับวิดีโอจึงมีสองประเภทอันได้แก่ คิวอาร์โค้ดของวิดีโอยูอาร์แอลและไฟล์หรือคิวอาร์โค้ดของวิดีโอ MP4 สำหรับคิวอาร์โค้ดของวิดีโอยูอาร์แอลคือ คิวอาร์โค้ดของวิดีโอประเภทหนึ่งที่ใช้ยูอาร์แอลของวิดีโอในการฝังลงในคิวอาร์โค้ด ยูอาร์แอลของวิดีโอที่ได้รับมาจาก Youtube และ Google Drive ประเภทของคิวอาร์โค้ดด้วยรหัสวิดีโอยูอาร์แอลคือคิวอาร์โค้ดแบบคงที่และแบบไดนามิก ซึ่งคิวอาร์โค้ดยังคงเสนอการเข้ารหัสเพียงครั้งเดียวและไม่อนุญาตให้คุณแก้ไขหรือเพิ่มข้อมูลได้

พนักงานสายบริการ หมายถึงบุคคลที่มีหน้าที่บริการและสนับสนุนการเรียนการสอนและกิจกรรมต่าง ๆ ของคณะฯ มหาวิทยาลัย มีภารกิจที่ได้รับมอบหมายต่าง ๆ กัน เช่น งานสารบัญ งานบุคคล งานวิชาการ งานกิจการนิสิต งานการเงินและวัสดุ งานนโยบายและแผน งานสื่อสารองค์กร งานคอมพิวเตอร์ งานบริการวิชาการและงานวิจัย และอื่น ๆ โดยปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวก และบริการ อาจารย์ผู้สอน นิสิตนักศึกษาและหน่วยงานทั้งภายในและภายนอก มหาวิทยาลัย และอื่น ๆ ตามที่ผู้บริหารมอบหมายงาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

QR Code : Quick Response Code)

เป็นสัญลักษณ์สองมิติแบบบิตแม็พ ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นในปี 1994 โดยบริษัท เดนโซ–เวฟ เป็นส่วนหนึ่งของบริษัทโตโยต้า ผ่านการตรวจสอบมาตรฐานสากล ISO (International Organization for Standardization) (ISO/IEC18004) ต่อมามีการกำหนดมาตรฐานของสัญลักษณ์คิวอาร์โค้ดขึ้น เป็นมาตรฐานข้อมูลอัตโนมัติในระบบอุตสาหกรรม เนื่องจากคิวอาร์โค้ดสามารถนำมาปรับใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากโครงสร้างของคิวอาร์โค้ด เป็นสัญลักษณ์แมทริกซ์ชนิดแบบมีโครงสร้างเซลล์จัดเรียงในช่องสี่เหลี่ยม มีรูปแบบการทำงานสามารถอ่านได้ง่ายและมีพื้นที่ข้อมูลที่จัดเก็บQR Code จะมี Finder pattern, Alignment pattern, Timing pattern และ quite (นฤเทพและคณะ, 2556 การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสำเร็จการศึกษา โดยนำเข้าข้อมูลผ่านระบบเก็บข้อมูลออนไลน์)



ภาพ 4 โครงสร้าง QR Code

ลิงค์ http://oho.ipst.ac.th/qr–code/

(อ้างอิงสาขาคอมพิวเตอร์ สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ลักษณะการทำงาน เป็นรหัสแบบเมทริกซ์ บันทึกข้อมูลขนาดใหญ่กว่า 7,089 อักขระ มีความหนาแน่นในการบันทึกข้อมูลประมาณ 100 ครั้ง สามารถอ่านข้อมูลด้วยความเร็วสูง โดยการใช้เซ็นเซอร์ CCD อ่านสแกนแล้วจัดเก็บไว้ที่หน่วยความจำ ทำให้อ่านได้รวดเร็วในทิศทาง 360 องศา ซึ่งฟังก์ชั่นการทำงานยังคงทำให้รหัสอ่านได้อย่างถูกต้อง (นฤเทพและคณะ.2556.บทความ.การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสำเร็จการศึกษา โดยนำเข้าข้อมูลผ่านระบบเก็บข้อมูลออนไลน์)

ณัฏฐนิช พยนต์ยิ้มและคณะ (2564) การประยุกต์ใช้ QR Code Google Form และ Google Calendar ในการบริหารจัดการระบบจองห้องเรียน อ้างอิงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง. (หน้า 4) QR Code คือ เป็นลักษณะสี่เหลี่ยม นิยมเรียกว่า คิวอาร์โค้ดซึ่งย่อมาจาก ควิ๊ก เรสปอน (Quick Response) เป็นรูปแบบบาร์โค้ด 2 มิติ แหล่งที่มาต้นกำหนิดจากประเทศญี่ปุ่น โดยบริษัท เดนโซ–เวฟ (Denso Wave) เมื่อตั้งแต่ปี 1994 คุณสมบัติ QR Code เป็นสัญลักษณ์แทนข้อมูลต่าง ๆ ที่มีการตอบสนองที่รวดเร็วในการใช้งานและส่วนใหญ่มีการนำมาปรับใช้กับสินค้าและบริการ, สื่อโฆษณา เพื่อสนับสนุนการให้ข้อมูลเพิ่มเติมหรือเป็นรูปแบบ URL ของเว็บไซต์ เมื่อมีการใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนมือถือสแกนถ่ายบน QR Code ก็จะเข้าสู่เว็บไซต์ได้โดยไม่ต้องเสียเวลาในการพิมพ์คำค้นหาสามารถเข้าถึงสื่อคลิปวิดีโอหรือเนื้อข้อมูลได้ทันที

อธิปลักษณ์ โชติธนประสิทธิ์ (2557) กล่าวถึงปัจจุบันนี้เทคโนโลยีสมาร์ทโฟนสามารถเชื่อมต่อในการลิงค์เข้ากับเว็บไซต์และการบริการต่าง ๆ ผ่านช่องทางแอพพลิเคชั่นมากมาย อย่างเราเดินทางไปตามสถานที่ต่างมักจะพบเห็นป้ายโฆษณาสินค้าที่เราให้ความสนใจ หรือแม้แต่ฉลากสินค้าก็จะมีสัญญาลักษณ์คิวอาร์โค้ดติดกำกับอยู่ หากเรามีความสนใจและต้องการดูรายละเอียดเพิ่มเติมแต่จะต้องเสียเวลาไปกับการเข้าพิมพ์ชื่อเว็บไซต์ซึ่งในบางครั้งจะมีความยาวจนทำให้พิมพ์ตกหล่นและทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการเข้าถึงข้อมูลทั้งผู้โฆษณาและผู้ที่มีความสนใจสินค้านั้น สำหรับวิธีการแก้ไขปัญหาที่ง่านและสมาร์ทโฟนเข้าถึงได้รวดเร็ว คือ การใช้ QR code จัดเก็บที่อยู่เว็บไซต์ โดยผู้สนใจต้องการทราบรายละเอียดสามารถใช้สมาร์ทโฟนส่องสแกนที่ QR code ด้วยการใช้กล้องสมาร์ทโฟนส่องก็จะสามารถเข้าถึงเว็บไซต์ดังกล่าวนั้น ๆ ได้ทันทีไม่ต้องเสียเวลาในการพิมพ์ข้อความค้นหาหรือค้นหาลิงค์ผ่านเว็บไซต์ต่าง

เจษฎา เปาจีน คุณสมบัติคิวอาร์โค้ด. (2561) การใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดกับการสื่อสารทางการตลาด นอกจากประเทศญี่ปุ่นจะนำไปใช้เพื่อเพิ่มความสะดวกในการผลิต การขนส่ง การจัดเก็บสินค้าแล้วยังกลายเป็นเครื่องมือทางการตลาดที่สุดยอดอีกด้วย ที่ถูกนำมาใช้งานเพื่อสื่อสารการตลาดและยังรวมถึงการสร้างความตื่นเต้นให้กับผู้ใช้บริการและผู้บริโภคเป็นอย่างดีมาก

นฤเทพและคณะ (2556) การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสำเร็จการศึกษา โดยนำเข้าข้อมูลผ่านระบบเก็บข้อมูลออนไลน์.) ลักษณะการทำงาน เป็นรหัสแบบเมทริกซ์ บันทึกข้อมูลขนาดใหญ่กว่า 7,089 อักขระ มีความหนาแน่นในการบันทึกข้อมูลประมาณ 100 ครั้ง สามารถอ่านข้อมูลด้วยความเร็วสูงผ่านการใช้เซ็นเซอร์ CCD อ่านสแกนแล้วจัดเก็บไว้ที่หน่วยรูปแบบความจำ ทำให้เกิดการอ่านได้รวดเร็วในทิศทาง 360 องศา ซึ่งฟังก์ชั่นการทำงานยังคงทำให้รหัสอ่านได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรกลุ่มเป้าหมาย

บุคลากรสายวิชาการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 57 คน (ไม่รวมบุคลากรที่ลาศึกษาต่อ 8 คน)

บุคลากรสายสนับสนุน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 23 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานการประยุกต์เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดีย

2. การประมวลผลและวิเคราะห์จากแบบประเมินของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียในการให้บริการโสตทัศนศึกษา โดยกำหนดคะแนนมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ นำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินมาแปลงค่าคะแนนแล้วกำหนดน้ำหนักของคะแนน

การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ ใช้เครื่องมือทางสถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) อัตราส่วนร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งมีระดับของการให้คะแนน 5 ระดับ สูตรคำนวณช่วงกว้างของอันตรภาคชั้น

ความกว้างของอันตรภาคชั้น=(คะแนนสูงสุด–คะแนนต่ำสุด)/(จำนวนชั้น)

= (5–1)/5 = 0.8

ระดับการให้คะแนน

ระดับการให้คะแนนที่	5	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
ระดับการให้คะแนนที่	4	หมายถึง	พึงพอใจมาก
ระดับการให้คะแนนที่	3	หมายถึง	พอใจปานกลาง
ระดับการให้คะแนนที่	2	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
ระดับการให้คะแนนที่	1	หมายถึง	ไม่พึงพอใจ

เกณฑ์การแปลความหมาย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	4.21 – 5.00	หมายความว่า	ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	3.41 – 4.20	หมายความว่า	ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	2.61 – 3.40	หมายความว่า	ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	1.81 – 2.60	หมายความว่า	ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	1.00 – 1.80	หมายความว่า	ระดับน้อยที่สุด

3. การวัดความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับกาให้บริการงานโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ได้หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนประชากรที่ใช้ในงานวิจัยเป็นกลุ่มประชากรที่นับได้แน่นอน เป็นการวิจัยที่มีการกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างใช้การสุ่มตัวอย่างของเครซี่ และมอร์แกน จากจำนวนประชากรตัวอย่าง บุคลากรสายสนับสนุน จำนวน 23 คน บุคลากรสายวิชาการจำนวน 64 คน รวมทั้งสินทั้งหมด 87 คน คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของเครจซี่และมอร์แกน (Krejicie & Morgan,1970 อ้างอิงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล,2543) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และระดับความคาดเคลื่อน (e) ±5% ซึ่งจะได้จำนวนตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 71 คน

ด้านกลุ่มประชากรที่ศึกษา คือ ผู้บริหาร บุคลากรสายสนับสนุน ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จากจำนวนทั้งสิ้น 87 คน ด้านการคำนวณของกลุ่มตัวอย่างในวิจัยครั้งนี้โดยใช้ตารางสำเร็จรูปของเครจซี่และมอร์แกน (Krejicie & Morgan,1970 อ้างอิงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล,2543) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และระดับความคาดเคลื่อน (e) ±5% ซึ่งจะได้จำนวนตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 71 คน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ทำ

การเก็บข้อมูลเป็นรูปแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า ทั้งหมด 5 ระดับ จำนวน 71 ชุด วิธีการสำรวจเป็นความพึงพอใจของผู้ใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดีย ที่มีการพัฒนาขึ้น ในการนำมาสนับสนุนงานโสตทัศนศึกษาในการหาความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม ผ่านการศึกษาวิเคราะห์ (IOC : Index of item objective congruence) ผ่านผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านในการให้กรอบคะแนนการพิจารณเครื่องมือแบบสอบถาม

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการงานโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป จำนวน 3 ข้อ ดังนี้ 1. เพศ 2. อายุ 3. ระดับการศึกษา 4. สถานะ

ตอนที่ 2 หัวข้อการประเมินความพึงพอใจ ด้านการใช้งานทั่วไป,ด้านการประมวลผลข้อมูล,ด้านการประเมินสื่อวิดีโอมีเดีย,ด้านประโยชน์ที่ได้รับ,ด้านวัสดุที่ใช้ในการจัดแสดงคิวอาร์โค้ด ,ด้านความพึงพอใจโดยรวมในการใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดในการสนับสนุนงานโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

5. ยื่นแบบจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ โดยได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่โครงการ 1.2/099/66

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการนำเสนอวิจัยเรื่อง คุณภาพการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เป็นไปตามขั้นตอนต่าง ๆ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงใจผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษาของบุคลากรภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

- ด้านการใช้งานทั่วไป
- ด้านการประมวลผลข้อมูล
- ด้านการประเมินสื่อวิดีโอมีเดีย
- ด้านประโยชน์ที่ได้รับ
- ด้านวัสดุที่ใช้ในการจัดแสดงคิวอาร์โค้ด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านการใช้งานทั่วไป

หัวข้อ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.สะดวกและใช้งานผ่านเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดได้ง่าย	4.42	0.52	มากที่สุด
2.รูปแบบการจัดวางเหมาะสมกับการใช้งาน	4.36	0.56	มากที่สุด
3.ส่วนประกอบของมัลติมีเดียมีการออกแบบและแสดงผลได้ถูกต้อง	4.36	0.61	มากที่สุด
4.การใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมายมีความเหมาะสม	4.24	0.66	มากที่สุด
5.การเรียกใช้งานข้อมูลมีความสะดวกและรวดเร็ว	4.33	0.69	มากที่สุด
ผลรวม	4.34	0.61	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 แสดงผลความพึงพอใจของผู้ช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านด้านการใช้งานทั่วไป มี เมื่อแยกพิจารณาความสะดวกและใช้งานผ่านเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดได้ง่าย พบว่า ได้รับความพึงพอใจจาก ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.42) รองลงมารูปแบบการจัดวางเหมาะสมกับการใช้งาน ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.36) 3. ส่วนประกอบของมัลติมีเดียมีการออกแบบและแสดงผลได้ถูกต้อง ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.36) การใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมายมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.24) และการเรียกใช้งานข้อมูลมีความสะดวกและรวดเร็ว ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.33) โดยรวมค่าเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.34)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านการประมวลผลข้อมูล

หัวข้อ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.ข้อมูลมีความถูกต้อง ตัวอักษร สี ภาพ เสียงชัดเจนและมีความน่าเชื่อถือ	4.31	0.66	มากที่สุด
2.การแสดงผลเนื้อหาดูแล้วเข้าใจง่าย	4.28	0.63	มากที่สุด
3.การเข้าถึงวิดีโอมีเดียมีความรวดเร็ว	4.25	0.67	มากที่สุด
4.การแสดงผลข้อมูลมีความชัดเจนและถูกต้อง	4.36	0.59	มากที่สุด
5.รูปภาพ ข้อความ และเนื้อหา แสดงผลได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง	4.33	0.63	มากที่สุด
ผลรวม	4.31	0.63	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 แสดงผลความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านการประมวลผลข้อมูล ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.31) เมื่อพิจารณาแยกตามรายข้อ พบว่าการแสดงผลข้อมูลมีความชัดเจนและถูกต้อง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.36) รองลงมา รูปภาพ ข้อความ และเนื้อหา แสดงผลได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.33) ข้อมูล

มีความถูกต้อง ตัวอักษร สี ภาพ เสียงชัดเจนและมีความน่าเชื่อถือ ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.31) การแสดงผลเนื้อหาดูแล้วเข้าใจง่าย ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.28) และการเข้าถึงวิดีโอมีเดียมีความรวดเร็ว ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.25)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านการประเมินสื่อวิดีโอมีเดีย

หัวข้อ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.การลำดับขั้นตอนข้อมูลและเนื้อหา สามารถนำไปใช้งานได้จริง	4.21	0.60	มากที่สุด
2.เป็นแหล่งข้อมูลที่ให้ความรู้และสามารตรวจสอบได้	4.28	0.65	มากที่สุด
ผลรวม	4.24	0.63	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 แสดงผลความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านการประเมินสื่อวิดีโอมีเดีย ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.24) เมื่อพิจารณาแยกตามรายข้อ พบว่า เป็นแหล่งข้อมูลที่ให้ความรู้และสามารตรวจสอบได้ มีค่าเฉลี่ย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.28) รองลงมา การลำดับขั้นตอนข้อมูลและเนื้อหา สามารถนำไปใช้งานได้จริง ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.21)

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านประโยชน์ที่ได้รับ

หัวข้อ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.สามารถนำข้อมูลที่แสดงผลมาใช้งานได้ง่าย	4.32	0.73	มากที่สุด
2.คิวอาร์โค้ดอำนวยความสะดวกให้ท่านในการเข้าถึงข้อมูล	4.42	0.52	มากที่สุด
3.ความพึงพอใจของท่านต่อการใช้บริการด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดบนอุปกรณ์เคลื่อนที่	4.50	0.53	มากที่สุด
ผลรวม	4.41	0.56	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 แสดงผลความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.41) เมื่อพิจารณาแยกตามตามรายข้อ พบว่า ความพึงพอใจของท่านต่อการใช้บริการด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดบนอุปกรณ์เคลื่อนที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50) คิวอาร์โค้ดอำนวยความสะดวกให้ท่านในการเข้าถึงข้อมูล มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.42) และสามารถนำข้อมูลที่แสดงผลมาใช้งานได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.32)

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านวัสดุที่ใช้ในการจัดแสดงคิวอาร์โค้ด

หัวข้อ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.สติกเกอร์คิวอาร์โค้ดที่ติดอยู่บนอุปกรณ์ต่างๆ มีความทนทาน	4.15	0.73	มาก
2.สติกเกอร์คิวอาร์โค้ดบนอุปกรณ์ต่างๆ ติดอยู่บนจุดที่มองเห็นชัดเจน	4.15	0.69	มาก
3.สติ๊กเกอร์คิวอาร์โค้ดมีความคมชัด และสแกนใช้งานได้	4.29	0.64	มากที่สุด
ผลรวม	4.20	0.68	มาก

จากตารางที่ 5 แสดงผลความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ด้านความเหมาะสมวัสดุที่ใช้จัดแสดงคิวอาร์โค้ด ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.20) เมื่อพิจารณาแยกตามรายข้อ พบว่า สติ๊กเกอร์คิวอาร์โค้ดมีความคมชัด และสแกนใช้งานได้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.29) ตามด้วยสติกเกอร์คิวอาร์โค้ดที่ติดอยู่บนอุปกรณ์ต่าง ๆ มีความทนทาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.15) และสติกเกอร์คิวอาร์โค้ดบนอุปกรณ์ต่าง ๆ ติดอยู่บนจุดที่มองเห็นชัดเจน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.15)

สรุปผลและอธิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จากผลระดับความพึงพอใจในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.63 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยในด้านการใช้งานทั่วไป มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.34 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.61 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ด้านการประมวลผลข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.63 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ด้านประเมินสื่อวิดีโอมีเดีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.63 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด และด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.41 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.56 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด และความเหมาะสมวัสดุที่ใช้จัดแสดงคิวอาร์โค้ดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x}$ = 4.20 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.= 0.68 ระดับความพึงพอใจ มาก ตามลำดับ

จากการศึกษาวิจัยค้นคว้า เรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดกับสื่อวิดีโอและยกระดับการให้บริการงานโสตทัศนศึกษาและใช้ในการสนับสนุนงานการให้บริการโสตทัศนศึกษาที่ดียิ่งขึ้น ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อพัฒนาคุณภาพข้อมูลเนื้อหาสาระสารสนเทศเครื่องมือสื่อโสตทัศนศึกษาให้เกิดความสะดวกและเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็วผ่านการใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดกับสื่อวีดีโอสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษาภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้งานคิวอาร์โค้ดกับสื่อวีดีโอสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ด้วยตนเองเกิดความ

สะดวกและลดขั้นตอนกระบวนการอธิบายโดยการใช้งานผ่านคิวอาร์โค้ด ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ด้านคิวอาร์โค้ด ที่นำมาใช้ในการประยุกต์ใช้ร่วมกับสื่อวิดีโอมีเดียวิจัยครั้งนี้โดยเริ่มจากการออกแบบในส่วนของเนื้อหาข้อมูลให้มีความเหมาะสมและตรงตามประเภทการใช้งานของอุปกรณ์เพื่อนำมาประกอบกับบทเนื้อหาที่ต้องการลำดับ นำเสนอให้เกิดความเหมาะสมและนำไปจัดทำเป็นคิวอาร์โค้ดเชื่อมต่อ
เข้ากับลิงค์ พร้อมทั้งออกแบบสติ๊กเกอร์เพื่อความสะดวกในการนำไปติดตั้งบนอุปกรณ์ที่มีการใช้งานบ่อยครั้ง อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนการดำเนินงานขององค์กร เกิดการให้บริการที่มีคุณภาพและความพึงพอใจต่อการใช้บริการภายในงานบริการโสตทัศนศึกษาและลดขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหาที่มีความยาวเกินให้สั้นลงเป็นการประยุกต์การใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียมาทดแทนสื่อที่ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือเกิดความน่าสนใจและก่อให้เกิดประโยชน์เพื่อการบริหารจัดการภายในหน่วยโสตทัศนศึกษา งานบริหารทั่วไป สำนักงานคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริหาร อาจารย์ เจ้าหน้าที่สายสนับสนุน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ต่อเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียที่นำมาใช้สำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมของการใช้งานอยู่ในระดับ มากที่สุด และการวิจัยด้านกลุ่มประชากรที่ศึกษา คือ ผู้บริหาร อาจารย์ เจ้าหน้าที่สายสนับสนุน ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จากจำนวนทั้งสิ้น 87 คน ด้านการคำนวณของกลุ่มตัวอย่างในวิจัยครั้งนี้โดยใช้ตารางสำเร็จรูปของเครจซี่และมอร์แกน (Krejicie & Morgan,1970 อ้างอิงใน ธีรวุฒิ เอกะกุล,2543) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และระดับความคาดเคลื่อน (e) ±5% ซึ่งจะได้จำนวนตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 71 คน วิจัยต่างประเทศที่มีการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดนั้น พบว่า มีการถูกนำเอาเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดไปใช้งาน ซึ่งช่วยลดขั้นตอนอีกทั้งยังเป็นการอำนวยความสะดวกในการใช้งานต่าง ๆ และการเข้าถึงข้อมูลการให้บริการได้ง่ายมากยิ่งขึ้น Tai-wei, Chin-Hung, and Mile (2011) ด้านการอำนวยความสะดวกและได้ทำการออกแบบให้สามารถใช้งานผ่านโปรแกรมบนโทรศัพท์สมาท์โฟนเคลื่อนที่ด้วยลักษณะการอ่านรหัสข้อมูลจากคิวอาร์โค้ดผ่านการส่องกล้องของสมาท์โฟนในการสแกนเพื่อเข้าเยี่ยมชมอีกทั้งสามารถศึกษาดูและได้รับความรู้ข้อมูลต่าง ๆ ก็พบว่ามีการใช้บริการและเกิดความพึงพอใจทั้งด้านความสะดวกสบายในการใช้งานที่มีความง่ายมากขึ้นและอยู่ในระดับดี มากที่สุด ส่งผลให้มีความพึงพอใจในด้านข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลในระดับดีมากที่สุด จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา และคณะ (2559)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้ศึกษาได้นำความรู้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อพัฒนาคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียให้มีความสวยงามและสามารถเข้าถึงการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว โดยเริ่มศึกษาและวิเคราะห์งานจากงานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน และรวบรวมเอกสารข้อมูลการนำเนื้อข้อมูลของคู่มือปฏิบัติงานโสตทัศนศึกษา มามีส่วนในการพัฒนาประยุกต์การใช้งานผ่านรูปแบบการนำเสนอเป็นคลิปวิดีโอมีเดีย ภาพ เสียง เนื้อและ ข้อมลบรรยาย และตัวหนังสือให้เหมาะสมกับการนำเสนอและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น กำหนดความจำเป็นความต้องการของการใช้งานกับคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียนั้นเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ให้ดีมากยิ่งขึ้นวิจัยต่างประเทศที่มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้บริการงานโสตทัศนศึกษา พบว่า ความพึงพอใจว่า เป็นความรู้สึกรับรู้ของแต่ละบุคคลที่เกิดขึ้นระยะยาวและระยะสั้นและมีผลต่อคุณภาพการให้บริการต่าง ๆ ทั้งเชิงแคบที่มีความเกี่ยวข้องในลักษณะบริการที่มีองค์ประกอบการบริการ ดังเช่น ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่น ความน่าเชื้อถือ การไว้วางใจของผู้รับบริการ เป็นต้น และเชิงกว้างที่เป็นลักษณะมุมมองของผู้รับบริการที่ได้จากการให้บริการทุกรูปแบบการให้บริการที่มีการนำไปเป็นข้อมูลและข้อสรุปความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อหน่วยงานและองค์กร คัลเลน (Cullen, 1995:664-665) สำหรับความพึงพอใจมีการเปลี่ยนแปลงได้อยู่ตลอดเวลาขึ้นกับ

ปัจจัยสภาพแวดล้อม บริบทและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นความพึงพอใจเป็นความรู้สึกเกิดจากความชอบสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีการแปรผันไปตามปัจจัยที่เข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องกับความคาดหวังของบุคคลแล้วแต่ละสถานการณ์ ซึ่งช่วงเวลาหนึ่งบุคคลอาจจะมีความไม่พอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพราะไม่เป็นไปตามที่คาดหวังหรือหากสิ่งที่คาดหวังไว้ไม่ได้รับจากการบริการและการตอบสนองอย่างถูกต้อง บุคคลก็สามารถเปลี่ยนความรู้สึกเดิมต่อสิ่งนั้นได้อย่างทันทีไม่ว่าจะเป็นความรู้สึกที่ตรงกันข้ามและนอกจากนี้ความพึงพอใจยังเป็นความรู้สึกที่สามารถแยกออกเป็นระดับมากน้อยได้ก็ขึ้นกับความแตกต่างของการประเมินที่ได้รับกับสิ่งที่คาดหวัง ส่วนใหญ่มักจะใช้เวลาเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบจากความคาดหวังของบริการต่าง ๆ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2540: 27–35)มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2540) เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อภิปรายผล

1. . ด้านการใช้งานทั่วไป โดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด พบว่า ความสะดวกและใช้งานผ่านเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดได้ง่ายพบว่า ได้รับความพึงพอใจจาก ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด รองลงมารูปแบบการจัดวางเหมาะสมกับการใช้งาน ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ส่วนประกอบของมัลติมีเดียมีการออกแบบและแสดงผลได้ถูกต้อง ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด การใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมายมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และการเรียกใช้งานข้อมูลมีความสะดวกและรวดเร็ว ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านการใช้งานทั่วไป รวมค่าเฉลี่ยอยู่ที่ระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.34) ความถี่ (S.D. 0.61) ค่าแปลผล อยู่ในระดับ (มากที่สุด)

2. ด้านการประมวลผลข้อมูล ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด เมื่อพิจารณาแยกตามรายข้อ พบว่าการแสดงผลข้อมูลมีความชัดเจนและถูกต้อง ได้รับความพึงพอใจจาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด รองลงมารูปภาพ ข้อความ และเนื้อหา แสดงผลได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด และข้อมูลมีความถูกต้อง ตัวอักษร สี ภาพ เสียงชัดเจนและมีความน่าเชื่อถือ ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด การแสดงผลเนื้อหาดูแล้วเข้าใจง่ายค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด และการเข้าถึงวิดีโอมีเดียมีความรวดเร็ว ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุดตามลำดับโดยด้านการประมวลผลข้อมูล มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.31) ความถี่ (S.D. 0.63) ค่าแปลผล อยู่ในระดับ (มากที่สุด)

3. ด้านการประเมินสื่อวิดีโอมีเดีย ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มาก เมื่อพิจารณาแยกตามรายข้อ พบว่าเป็นแหล่งข้อมูลที่ให้ความรู้และสามารตรวจสอบได้มีค่าเฉลี่ย อยู่ในระดับ มากที่สุด รองลงมา การลำดับขั้นตอนข้อมูลและเนื้อหา สามารถนำไปใช้งานได้จริง ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มาก ตามลำดับโดยด้านการประเมินสื่อวิดีโอมีเดียข้อมูลมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.24) ความถี่ (S.D. 0.63) ค่าแปลผล อยู่ในระดับ (มากที่สุด)

4. ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด เมื่อพิจารณาแยกตามตามรายข้อ พบว่าความพึงพอใจของท่านต่อการใช้บริการด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุดคิวอาร์โค้ดอำนวยความสะดวกให้ท่านในการเข้าถึงข้อมูล มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด และสามารถนำข้อมูลที่แสดงผลมาใช้งานได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ตามลำดับ โดยด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 4.41) ความถี่ (S.D. 0.56) ค่าแปลผล อยู่ในระดับ (มากที่สุด)

5. ด้านความเหมาะสมวัสดุที่ใช้จัดแสดงคิวอาร์โค้ด ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มาก เมื่อพิจารณาแยกตามรายข้อ พบว่า สติ๊กเกอร์คิวอาร์โค้ดมีความคมชัด และสแกนใช้งานได้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุดตามด้วยสติกเกอร์คิวอาร์โค้ดที่ติดอยู่บนอุปกรณ์ต่างๆ มีความทนทาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด และสติกเกอร์คิวอาร์โค้ดบนอุปกรณ์ต่างๆ ติดอยู่บนจุดที่มองเห็นชัดเจน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด ตามลำดับ

โดยด้านความเหมาะสมวัสดุที่ใช้จัดแสดงคิวอาร์โค้ด โดยรวมมีค่าเฉลี่ยรวมที่ ($\bar{x}$ = 4.20) ความถี่ (S.D. 0.68) ค่าแปลผลอยู่ในระดับ (มากที่สุด)

6. ผลรวมค่าเฉลี่ยของทุกด้านที่ความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดีย สำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ ($\bar{x}$ =4.31) ความถี่ (S.D. 0.63) ค่าแปลผลอยู่ในระดับ (มากที่สุด) ดังนั้น ผลจากการวิเคราะห์ประเด็นที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการงานโสตทัศนศึกษา ประกอบไปด้วย ด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านการใช้งานทั่วไป โดยรวมอยู่ในระดับ	อยู่ในระดับ มากที่สุด
2. ด้านการประมวลผลข้อมูล โดยรวมอยู่ในระดับ	อยู่ในระดับ มากที่สุด
3. ด้านการประเมินสื่อวิดีโอมีเดีย	อยู่ในระดับ มาก
4. ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	อยู่ในระดับ มากที่สุด
5. ด้านความเหมาะสมวัสดุที่ใช้จัดแสดงคิวอาร์โค้ด	อยู่ในระดับ มากที่สุด

วิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้ศึกษาได้นำความรู้จากเอกสารคู่มือ

ข้อมูล วิธีการใช้งาน คำอธิบายวิธีการต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาศึกษาและวิเคราะห์งานจากงานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน และรวบรวมเอกสารแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดีย สำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการนี้เพื่อประยุกต์การใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดีย สำหรับการให้บริการที่ดียิ่งขึ้นและตอบสนองต่อการรับบริการภายในงานโสตทัศนศึกษาและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ตลอดจนถึงด้านความจำเป็นความต้องการและการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงาน ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา การกำหนดความจำเป็นความต้องการของการใช้งานโสตทัศนศึกษานั้นเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้นและเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งในระดับคณะ ฯ และมหาวิทยาลัยพะเยา

ในส่วนของการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายด้านช่วงอายุและเพศ ของกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากเพศและช่วงอายุไม่มีความสัมพันธ์กับการใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างมีความชัดเจนแบบเจาะจง คือ กลุ่มบุคลากรภายในหน่วยงานทั้งชายและหญิงทำให้เพศและช่วงอายุไม่ส่งผลต่อการใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษาเพราะด้วยบุคลากรทุกคนสามารถนำไปใช้งานได้และสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดได้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการดำเนินการวิเคราะห์ของข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามข้อเสนอแนะอื่น ๆ สำหรับความคิดเห็นของผู้ที่ตอบแบบสอบถาม เกี่ยวข้องกับ ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา มีรายละเอียดเป็นข้อ ๆ มีจำนวน 2 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยดำเนินงาน ทำให้มีความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน

ข้อที่ 2 เป็นการใช้นวัตกรรมที่จับต้องได้ ชื่นชมครับ

จากข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถามแยกเป็นประเด็นข้อแนะนำประกอบไปด้วย

ข้อที่ 1 ให้เหตุผลแนะนำเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยดำเนินงาน ทำให้มีความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน

ข้อที่ 2 ให้เหตุผลเป็นการใช้นวัตกรรมที่จับต้องได้ ชื่นชมครับ

สำหรับข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถามแยกเป็นชื่นชมประกอบไปด้วยข้อที่ 1 และ ข้อ 2 ให้เหตุผลว่าเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยดำเนินงาน ทำให้มีความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน และข้อที่ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความเห็นว่าให้เหตุผลเป็นการใช้นวัตกรรมที่จับต้องได้ ชื่นชมครับ

ข้อแนะนำจากกรรมการจากกรรมการ แบบประเมินผลหรือแบบสอบถาม พบว่า ข้อมูลด้านเพศและช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้งานเทคโนโลยีรหัสคิวอาร์และสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษาของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จึงสรุปได้ว่าปัจจัยด้านเพศและช่วงอายุของบุคลากรภายในหน่วยงาน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่เจาะจงของการศึกษานี้ ไม่ส่งผลกระทบต่อการเข้าถึงและการนำเทคโนโลยีรหัสคิวอาร์ไปใช้งานจริง ในส่วนของเนื้อหาสื่อที่นำมาวิเคราะห์และทำการออกแบบ พบว่ามีความเหมาะสมทั้งในด้านขนาดและรูปแบบสำหรับการติดตั้งและการใช้งานจริง ซึ่งการพัฒนาดังกล่าวเป็นผลมาจากการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดเพื่อยกระดับการให้บริการโสตทัศนศึกษาของหน่วยงาน

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาค้นคว้างานวิจัยเรื่อง "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีรหัสคิวอาร์และสื่อวิดีโอมีเดียสำหรับการให้บริการโสตทัศนศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา" ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตาอนุเคราะห์และกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น ในฐานะที่ปรึกษางานวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างยิ่งสำหรับคำแนะนำ องค์ความรู้ และคำปรึกษาอันทรงคุณค่า รวมถึงความเอาใจใส่ในการตรวจแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดการดำเนินงานวิจัย ซึ่งได้ช่วยให้งานวิจัยเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น การถ่ายทอดวิชาความรู้ของท่านได้เป็นรากฐานสำคัญให้ผู้วิจัยสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาต่อยอดและสร้างประโยชน์ต่อไปได้อย่างดียิ่ง ท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้และผู้ที่สนใจในสาขาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีรหัสคิวอาร์และสื่อวิดีโอมีเดียเพื่อการให้บริการโสตทัศนศึกษาตามสมควร หากมีข้อเสนอแนะประการใดเพื่อปรับปรุงงานวิจัยฉบับนี้ให้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความเคารพและขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา และคณะ. (2559). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี QR Code ในพิพิธภัณฑ์เมืองหาดใหญ่. **การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ**. ครั้งที่ 7, 23 มิถุนายน2559. หน้า 1426–1435. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

ณัฏฐนิช พยนต์ยิ้ม, ลักษิกา สว่างยิ่ง และปภาอร เขียวสีมา. (2564). **การประยุกต์ใช้ QR Code Google Form และ Google Calendar ในการบริหารจัดการระบบจองห้องเรียน กล่าวไว้ว่าเกี่ยวกับ คิวอาร์โค้ดคือ**. มหาวิทยาลัยพะเยา.

นฤเทพ สุวรรณธดา,สมคิด แซ่หลีและสรเดช ครุฑจ้อน. (2556). **การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสำเร็จการศึกษา โดยนำเข้าข้อมูลผ่านระบบเก็บข้อมูลออนไลน์.** มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สาขาคอมพิวเตอร์. (2564). **สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** สืบค้นวันที่ 17 พฤษภาคม 2566 อ้างอิงเว็บไซต์ http://oho.ipst.ac.th/qr-code/

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2565). **เอกลักษณ์และวัฒนธรรมของคณะ**. แหล่งที่มา https://ict.up.ac.th/web/main/culture#:~:text ปรัชญา, ทั้งระดับชาติและนานาชาติ.

เจษฎา เปา จีน, & รุจ โรจน์ แก้ว อุไร. (2563). **การประยุกต์ ใช้คิวอาร์โค้ดในการจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.**

เจษฎา เปา จีน, & รุจ โรจน์ แก้ว อุไร. (2561). **คุณสมบัติคิวอาร์โค้ด.เรื่องการประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ หาวิทยาลัยนเรศวร.** หน้า 18-20.

ธีรพันธุ์ อินทรชัย. (2556). **การพัฒนาระบบสารสนเทศพรรณไม้พฤกษศาสตร์ โรงเรียนถิ่นโอภาสวิทยาด้วยเทคโนโลยีบาร์โค้ดสองมิติ.** กำแพงเพชร: ศูนย์รวบรวมสายพันธุ์กล้วยเฉลิมพระเกียรติ

อธิปลักษณ์ โชติธนประสิทธิ์. (2557). **QR Code และ Barcode คืออะไรเกี่ยวข้องกับสมาร์ทโฟนและใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร**. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://news.siamphone.com/news-17497.html. 27 ตุลาคม 2565.

admin August 10 (2565). 2020 สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2565. อ้างอิงเว็บไซต์ https://www.ko.in.th/

Tai-wei, Chin-Hung, T., & Mike, Y.C. (2011). **QR Code Based Augmented Reality Applications: Handbook of Augmented Reality 2011**. New York: The Free.

ขนาดรหัส QR ที่แนะนำกรณีการใช้งาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2568. อ้างอิงเว็บไซต์ https://me-qr.com/th/qr-code-generator.

การวิเคราะห์ระดับนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน บริเวณอำเภองาว จังหวัดลำปาง

Analysis of the level of radionuclide in the soil samples Ngao District, Lampang Province

พวงทิพย์ แก้วทับทิม[1*] และ กานต์ธิดา สุวรรณโยธี[1]

Pungtip Kaewtubtim[1*] and Kanthida Suwanyotee[1]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี เรเดียม-226, ทอเรียม-232, และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างดิน 16 ตัวอย่าง บริเวณอำเภองาว จังหวัดลำปาง นอกจากนี้ได้ประเมินระดับความเป็นอันตรายจากการได้รับรังสี โดยตัวอย่างถูกวิเคราะห์ด้วยระบบแกมมาสเปกโตรเมตรี ด้วยหัววัดรังสีชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ใช้เวลาในการตรวจวัดตัวอย่างละ 18,000 วินาที พบว่า ความเข้มของนิวไคลด์กัมมันตรังสี เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างดิน มีค่าเฉลี่ย 22.53±0.24, 32.26±0.21 และ 450.55±0.71 ตามลำดับ โดยค่าความเข้มของนิวไคลด์กัมมันตรังสี เรเดียม-226 และ ทอเรียม-232 มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของไทยและค่าเฉลี่ยของโลก (OAP, 2002: UNSCEAR, 2000) ส่วนค่าความเข้มของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของไทยและค่าเฉลี่ยของโลก (OAP, 2002: UNSCEAR, 2000) นอกจากนี้ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ในตัวอย่างดินต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดย UNSCEAR (2000) ผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าประชาชนที่อาศัย บริเวณ อำเภองาว จังหวัดลำปาง อยู่ในระดับที่ปลอดภัยจากสารกัมมันตรังสี

คำสำคัญ: นิวไคลด์กัมมันตรังสี, อำเภองาว จังหวัดลำปาง, หัววัดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง

[1] สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี 94000

[1] Department Of Science, Faculty Of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000

*Corresponding author: pungtip.k@psu.ac.th

Abstract

The aim of this project was analysis the concentrations of radionuclides Ra-226, Th-232 and K-40 in 16 soil samples area at Ngao District, Lampang Province. In addition, the level of danger from radiation exposure was assessed. The samples were analysised by using gamma spectrometry with the high-purity germanium radiation detector (HPGe). It takes 18,000 seconds to measure each sample. The result show that the average concentrations of the radionuclide Ra-222, Th-232 and K-40 in soil samples, the averages were 22.53±0.24, 32.26±0.21 and 450.55±0.71 Bq/kg, respectively. It was lower than average of Thailand and the average worldwide and the concentration of radionuclide (OAP, 2002; UNSCEAR, 2000). While the concentrations of the radionuclide Potassium-40 is higher compared to the Thai average and the world average (OAP, 2002; UNSCEAR, 2000). In addition, the radium equivalent radioactivity (Ra_{eq}), the external radiation exposure index (H_{ex}), and the annual external radiation dose (E) in soil samples were below the threshold set by UNSCEAR (2000). This project can be concluded that people who living and soil consumption from Lampang province were safe from radioactive.

Keywords: Radionuclide, Ngao District Lampang Province, High Purity Germanium Detectors (HPGe)

บทนำ

ปริมาณสารกัมมันตรังสีที่เข้าสู่ร่างกายแม้ปริมาณเล็กน้อยแต่หากสะสมต่อเนื่องในระยะยาวอาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ด้วยสารกัมมันตรังจะซึมเข้าไปในระบบไหลเวียนโลหิต และสะสมในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เกิดเป็นอันตรายต่อเซลล์ ส่งผลให้เกิดโรคมะเร็งต่าง ๆ ได้แก่ มะเร็งปอด (Uzarowicz et al., 2024) มะเร็งกระดูก มะเร็งเม็ดเลือดขาว (Külahcı et al., 2020) และมะเร็งกระเพาะอาหาร (Ajibola et al., 2021) เป็นต้น นอกจากนี้สารกัมมันตรังสีทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ เช่น ทำให้จำนวนและคุณภาพของอสุจิลดลง ดีเอ็นเอของอสุจิกลายพันธ์ ฮอร์โมนเปลี่ยนแปลง เซลล์ไข่มีกำหนดกำจัด ประจำเดือนหมดก่อนวัยอันควร การฝั่งตัวของตัวอ่อนผิดปกติ มีความเสี่ยงต่อการแท้งและทารกผิดปกติทางพันธุกรรม พัฒนาการสมองของทารกในครรภ์ผิดปกติ มีความผิดปกติโครงร่างกายของทารกในครรภ์ และเพิ่มความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งในวัยเด็ก เป็นต้น และสารกัมมันตรังสียังเป็นอันตรายต่อสารพันธุกรรม (DNA) ได้แก่ ทำให้เกิดการแตกของสายดีเอ็นเอ ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของเบสดีเอ็นเอ และทำให้เกิดการเชื่อมข้ามสาย เป็นต้น (Akinyose et al., 2018; Avwiri et al., 2021) สารกัมมันตรังสีสามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้หลายช่องทาง ได้แก่ การหายใจ การกิน การดื่ม การซึมผ่านผิวหนังและทางบาดแผล (Avwiri et al., 2021) ซึ่งสารกัมมันตรังสีที่มาจากแหล่งกำเนิดในธรรมชาติที่มนุษย์ได้รับ จะอยู่ในดิน ทราย สินแร่ หินตามธรรมชาติ น้ำ อาหาร สำหรับธาตุกัมมันตรังสีที่พบในหิน และดินส่วนใหญ่มาจาก เรเดียม-226 (Ra-226) และ ยูเรเนียม-238 (U-238) ที่มีอยู่ในอนุกรมยูเรเนียม และ ทอเรียม-232 (Th-232) ที่มีอยู่ในอนุกรมทอเรียม รวมถึงผลที่เกิดจากการสลายตัวอีกมากมาย และนอกจากนี้ยังมีสารกัมมันตรังสีที่อยู่ในธรรมชาติที่มีตั้งแต่โลกกำเนิดขึ้นนั่นก็คือ โพแทสเซียม-40 (K-40) (Orosun et al., 2019) ซึ่งความเข้มข้นของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ในดินขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาของเปลือกโลกบริเวณดังกล่าว (Atipo et al., 2020) สำหรับบริเวณ อำเภองาว จังหวัดลำปางยังไม่มีตรวจสารกัมมันตรังสีมาก่อน จึงมีความสนใจที่จะวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการได้รับสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดินของประชากรที่อาศัยบริเวณดังกล่าว

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อวิเคราะห์ระดับนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226, Th-232 และ K-40 ในตัวอย่างดิน บริเวณอำเภองาว จังหวัดลำปาง และประเมินดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดินบริเวณ อำเภองาว จังหวัดลำปาง

วิธีวิทยาการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนเก็บตัวอย่างดิน บริเวณอำเภองาว จังหวัดลำปาง

1.1 เก็บตัวอย่างดิน ด้วยวิธีสุ่มเก็บแบบรวมตัวอย่าง ตัวอย่างดิน 16 ตัวอย่าง จาก 8 ตำบล ของอำเภองาว จังหวัดลำปาง การเก็บตัวอย่างดิน กำหนดพื้นที่มีความกว้าง 50 เซนติเมตร และมีความยาว 50 เซนติเมตร จากนั้นเก็บเศษวัสดุอื่น ๆ ออกจากหน้าผิวดิน และเกลี่ยหน้าผิวดินออก 1-2 เซนติเมตร แล้วขุดดินที่ระดับความลึก 8 เซนติเมตร จำนวน 5 จุด นำตัวอย่างดินทั้ง 5 จุด มาคลุกเคล้าให้เข้ากันได้ปริมาณ 1 กิโลกรัม บรรจุในถุงซิปล็อคพร้อมติดรหัสตัวอย่างข้างถุง ตำแหน่งเก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

Samples coding	District	Samples points	
Soil samples		Latitude	Longtitude
LP – 01	บ้านหวด	18.526072	99.828158
LP – 02	บ้านหวด	18.600296	99.900876
LP – 03	บ้านโป่ง	18.715452	99.938348
LP – 04	บ้านโป่ง	18.721511	99.928895
LP – 05	หลวงใต้	18.732940	99.969095
LP – 06	นาแก	18.783182	99.967746
LP – 07	ปงเตา	18.801998	99.960595
LP – 08	ปงเตา	18.845018	99.947593
LP – 09	บ้านร้อง	18.858620	99.947593
LP – 10	บ้านร้อง	18.892884	99.946135
LP – 11	นาแก	18.776093	99.970034
LP – 12	หลวงใต้	18.750964	99.971412
LP – 13	หลวงเหนือ	18.749929	99.990203
LP – 14	แม่ตีบ	18.719472	100.011514
LP – 15	แม่ตีบ	18.711408	100.013725
LP – 16	หลวงเหนือ	18.742990	100.003762

1.2 บันทึกตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินด้วยเครื่องระบุตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ (Global Positioning Satellite; GPS)

1.3 อบตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นจนกว่าจะแห้งสนิท

1.4 บดตัวอย่างดินด้วยโกร่งบดสาร แล้วนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 120 ไมโครเมตร เพื่อให้ตัวอย่างดินเป็นเนื้อเดียวกัน

1.5 นำตัวอย่างดินผงบรรจุลงในกระปุกทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.2 เซนติเมตร ความสูง 7.5 เซนติเมตร แล้วชั่งมวลให้ได้จำนวน 314.5 กรัม เพื่อให้มีขนาดเท่ากับสารมาตรฐานดิน IAEA-375 จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ บางเขน กทม ปิดฝากระปุกให้สนิท ติดรหัสตัวอย่างข้างกระปุก

1.6 วางกระปุกตัวอย่างดินไว้ 30 วัน เพื่อให้ตัวอย่างดินเกิดสมดุลกัมมันตภาพรังสีแบบถาวร

2. ขั้นตอนการวัดสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน

2.1 เตรียมเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ หัววัดแบบสารกึ่งตัวนำชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium detector; HPGe) ซึ่งอยู่ภายในถ้ำตะกั่วกำบังรังสีที่ต่อกับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูง และเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าต่อกับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (MCA) และโปรแกรมวิเคราะห์รังสีแกมมาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Gamma Acquisition & Analysis

2.2 ปรับเทียบพลังงานของหัววัดรังสี (Energy calibration) โดยการวัดแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐาน (Point source) ของ Cs-137 และ Co-60 ขนาด 1 ไมโครคูรี ใช้ระยะเวลาในการวัด 30 นาที โดยปรับเทียบการให้พลังงานของ Cs-137 ที่พลังงาน 661.66 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ Co-60 ที่พลังงาน 1,173.23 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และ 1,332.50 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

2.3 ตรวจวัดปริมาณสารกัมมันตรังสีภูมิหลัง (Background) โดยใช้ระยะเวลาในการตรวจวัด 5 ชั่วโมง สำหรับวิเคราะห์ในตัวอย่างดิน

2.4 ตรวจวัดปริมาณสารกัมมันตรังสีของสารมาตรฐาน IAEA-375 สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างดิน โดยใช้ระยะเวลาในการตรวจวัด 5 ชั่วโมง บันทึกจำนวนนับใต้สเปกตรัมของ Ra-226 ที่พลังงาน 295.19 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และ 911.21 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์, สเปกตรัมของ Cs-137 ที่พลังงาน 661.66 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์, สเปกตรัมของ K-40 ที่พลังงาน 1,460.26 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และสเปกตรัมของ U-234 ที่พลังงาน 2,614.53 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์สารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน

3.1 หาค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบ HPGe และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรีการนับวัดกัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างดินโดยการปรับเทียบกับสารรังสีมาตรฐาน IAEA-375

3.2 หาค่าประสิทธิภาพการนับพลังงานที่ต้องการศึกษาในตัวอย่างดิน ได้แก่ Ra-226 ที่พลังงาน 609.31 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์, Th-232 ที่พลังงาน 911.21 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และ K-40 ที่พลังงาน 1,460.83 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

3.3 วัดปริมาณสารกัมมันตรังสีของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ในตัวอย่างดิน โดยใช้เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ หัววัดแบบสารกึ่งตัวนำชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium detector; HPGe) ใช้ระยะเวลาในการวัดรังสีตัวอย่างละ 5 ชั่วโมง โดยวิเคราะห์ยอดพลังงานของรังสีแกมมาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Gamma Acquisition & Analysis

3.4 คำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Radium equivalent activity ; Ra_{eq})

ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) เป็นผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักของค่ากัมมันตภาพรังสีของทั้ง 3 ไอโซโทป ที่มีการศึกษาพบว่า Ra-226 มีค่ากัมมันตภาพรังสี เท่ากับ 1 เบกเคลเรลต่อกิโลกรัม จะให้ปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีเทียบเท่าของกัมมันตภาพรังสีของ Th-232 เท่ากับ 1.43 Bq/kg และค่ากัมมันตภาพรังสีของ K-40 เท่ากับ 0.07 Bq/kg ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ซึ่งไม่ควรเกิน 370 Bq/kg (UNSCEAR, 2000) คำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$Ra_{eq} = A_{Ra-226} + 1.43A_{Th-232} + 0.07A_{K-40} \quad (1)$$

โดยที่ Ra_{eq} คือ ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Bq/kg) A_{Ra-226} คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีของ Ra-226 (Bq/kg) A_{Th-232} คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีของ Th-232 (Bq/kg) และ A_{K-40} คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีของ K-40 (Bq/kg)

3.5 ดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายนอก (H_{ex}) และดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายใน (H_{in}) เป็นค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับอันตรายจากแหล่งกำเนิดรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ โดยค่า $H_{ex} < 1$ และ $H_{in} < 1$ (UNSCEAR, 2000) แสดงว่าปริมาณดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีจากภายนอก และภายในมีค่าน้อยมากจนละทิ้งได้ ถ้า $H_{ex} = 1$ และ $H_{in} = 1$ แสดงว่าร่างกายจะได้รับปริมาณรังสีดูดกลืนเท่ากับ 1.5 mGy/y และถ้า $H_{ex} > 1$ และ $H_{in} > 1$ แสดงว่าร่างกายจะได้รับอันตรายจากภายนอก และภายในสูงกว่าปกติ หมายความว่าสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวเราไม่ควรนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตหรือควรหลีกเลี่ยง (Singh et al., 2005) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2) และ (3)

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra-226}}{370} + \frac{A_{Th-232}}{259} + \frac{A_{K-40}}{4810} \quad (2)$$

$$H_{in} = \frac{A_{Ra-226}}{185} + \frac{A_{Th-232}}{259} + \frac{A_{K-40}}{4810} \quad (3)$$

โดยที่ H_{ex} คือ ค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกร่างกาย H_{in} คือ ค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายในร่างกาย A_{Ra-226} คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีของ Ra-226 (Bq/kg) A_{Th-232} คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีของ Th-232 (Bq/kg) และ A_{K-40} คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีของ K-40 (Bq/kg) สำหรับค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกร่างกายจากการศึกษา พบว่า Ra-226 ที่มีกัมมันตภาพ 370 Bq/kg, Th-232 กัมมันตภาพ 259 Bq/kg และ K-40 กัมมันตภาพ 4810 Bq/kg สำหรับค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายในร่างกาย พบว่า Ra-226 ที่มีกัมมันตภาพ 185 Bq/kg Th-232 กัมมันตภาพ 259 Bq/kg และ K-40 กัมมันตภาพ 4810 Bq/kg

3.6 อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ เป็นค่าปริมาณรังสีที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในธรรมชาติกระจายอยู่ทั่วไปในอากาศ พิจารณาจากเหนือพื้นดิน 1 m ซึ่งคำนวณจากค่าความเข้มข้นของ Ra-226 Th-232 และ K-40 ในดิน (Singh et al., 2005) ดังนั้นอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สามารถคำนวณได้จากสมการ (4)

$$D(nGy/h) = 0.461A_{Ra-226} + 0.604A_{Th-232} + 0.0414A_{K-40} \quad (4)$$

เมื่อ D คือ ค่าอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ ในหน่วยของ (nGy/h) A_{Ra-226} คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226 (Bq/kg), A_{Th-232} คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Th-232 (Bq/kg), A_{K-40} คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ K-40 (Bq/kg)

3.7 ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (Annual external effective dose rate ; E)

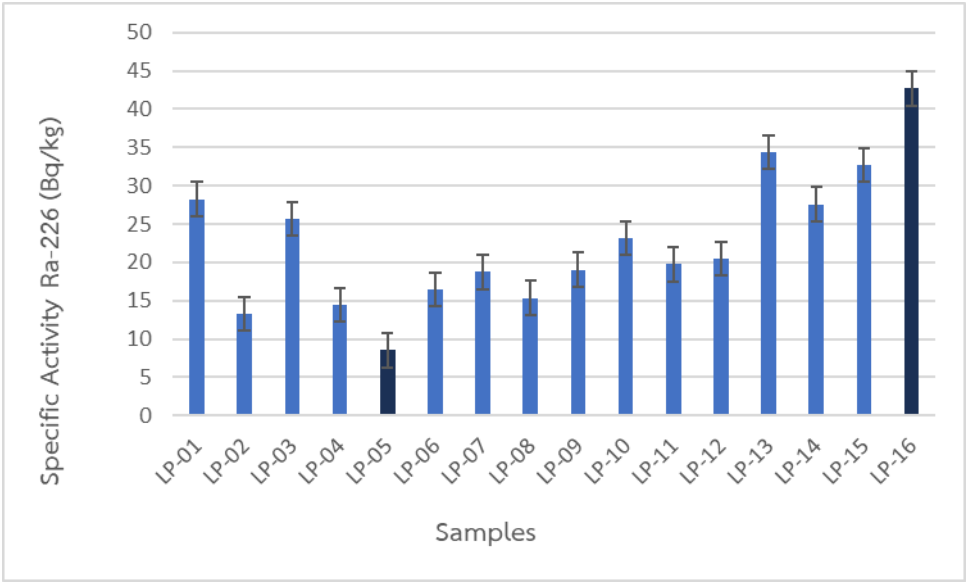
อัตราโดสสัมบูรณ์ยังผลจากรังสีที่ได้รับต่อปี สามารถคำนวณได้จากการแปลงค่าความสัมพันธ์จากค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ ปริมาณรังสีดูดกลืนรังสีแกมมาในอากาศเป็นค่าปริมาณรังสียังผลที่บุคคลทั่วไปได้รับหรือใช้เวลานอกอาคารบ้านเรือนประมาณ 20% ของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ซึ่งไม่ควรเกิน 0.07 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี (UNSCEAR, 2000) คำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$E=D\times8,760\times0.2\times0.7\times10^{(-6)} \quad (5)$$

โดยที่ E คือ อัตราโดสสัมบูรณ์ยังผลจากรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (มิลลิซีเวิร์ตต่อปี) D คือ อัตราโดสรังสีดูดกลืนในอากาศ (นาโนเกรย์ต่อชั่วโมง) 8,760 คือ ค่าปริมาณที่ได้รับรังสีรายปี(เกรย์ต่อชั่วโมง) 0.2 คือ ค่าปริมาณรังสียังผลที่บุคคลทั่วไปได้รับภายนอกอาคาร (ซีเวิร์ตต่อเกรย์) และ 0.7 คือ ค่าแฟกเตอร์จากการแปลงอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (ซีเวิร์ตต่อเกรย์)

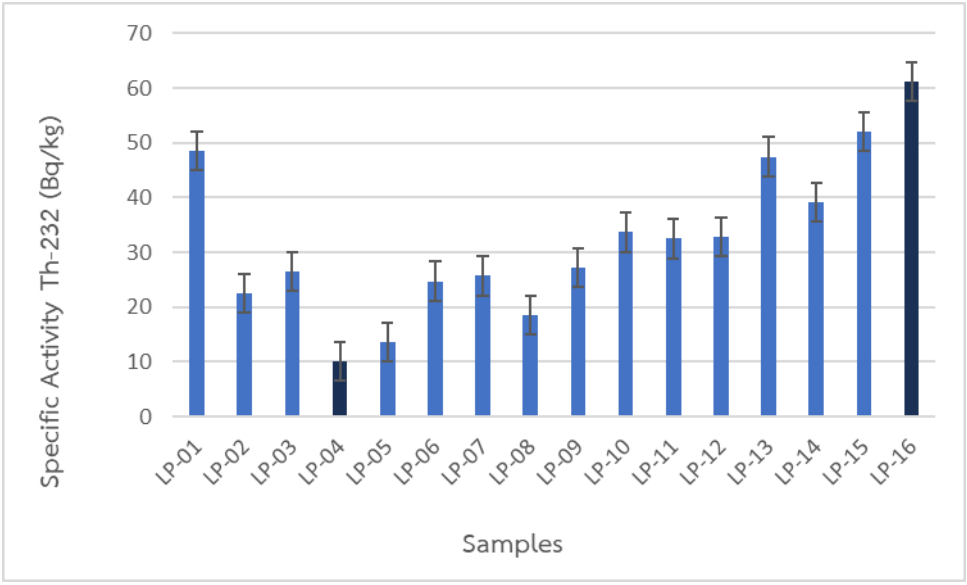
ผลการศึกษา

1. ความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน อำเภองาว จังหวัดลำปาง



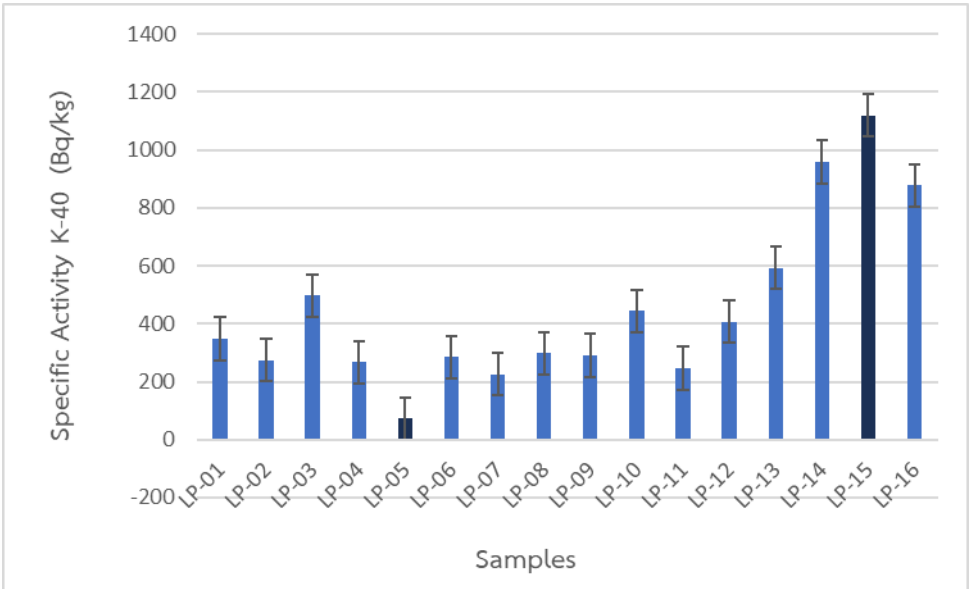
ภาพที่ 1 ความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226 ในตัวอย่างดิน

แสดงความปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra–226 มีค่าเฉลี่ย 22.53 ± 0.24 Bq/kg ค่าสูงสุด 42.69 ± 0.35 Bq/kg ที่ตัวอย่าง LP – 16 ในตำบลหลวงเหนือ อำเภองาว รองลงมาที่ 34.40 ± 0.29 ตัวอย่างที่ LP – 13 ในตำบลหลวงเหนือ อำเภองาว และค่าน้อยที่สุด 8.52 ± 0.20 Bq/kg ที่ตัวอย่าง LP – 05 ในตำบลแม่ตีบ อำเภองาว



ภาพที่ 2 ความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Th–232 ในตัวอย่างดิน

แสดงปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Th–232 มีค่าเฉลี่ยที่ 32.26 ± 0.21 Bq/kg มีค่าสูงสุด 61.18 ± 0.28 Bq/kg ที่ตัวอย่าง LP – 16 ในตำบลหลวงเหนือ อำเภองาว รองลงมาที่ 52.01 ± 0.26 ตัวอย่างที่ LP – 15 ในตำบลแม่ตีบ อำเภองาว และค่าน้อยที่สุด 10.12 ± 0.17 Ba/kg ที่ตัวอย่าง LP – 04 ในตำบลบ้านโป่ง อำเภองาว



ภาพที่ 3 ความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี K–40 ในตัวอย่างดิน

แสดงปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี K–40 มีค่าเฉลี่ย 450.55 ± 0.71 Bq/kg มีค่าสูงสุด 1120.02 ± 1.01 Bq/kg ที่ตัวอย่าง LP – 15 ในตำบลแม่ตีบ อำเภองาว รองลงมาที่ 958.88 ± 0.94 Bq/kg ตัวอย่าง LP – 14 ในตำบลแม่ตีบ อำเภองาว และค่าน้อยที่สุด 73.24 ± 0.50 Bq/kg ที่ตัวอย่าง LP – 05 ในตำบลหลวงใต้ อำเภองาว

2. ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีในตัวอย่างดิน อำเภองาว จังหวัดลำปาง

ตารางที่ 2 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ในตัวอย่างดิน

Samples	Ra_{eq} (Bq/kg)	H_{ex}	H_{in}	D (nGy/h)	E (mSv/y)
LP – 01	124.34 ± 0.16	0.34 ± 0.01	0.41 ± 0.01	56.70 ± 0.11	0.07 ± 0.004
LP – 02	66.60 ± 0.12	0.18 ± 0.01	0.22 ± 0.01	31.09 ± 0.08	0.04 ± 0.003
LP – 03	101.84 ± 0.15	0.28 ± 0.01	0.34 ± 0.01	48.43 ± 0.10	0.06 ± 0.004
LP – 04	49.51 ± 0.10	0.13 ± 0.01	0.17 ± 0.01	23.84 ± 0.07	0.03 ± 0.003
LP – 05	33.69 ± 0.08	0.09 ± 0.01	0.11 ± 0.01	15.21 ± 0.06	0.02 ± 0.002
LP – 06	73.83 ± 0.13	0.20 ± 0.01	0.24 ± 0.01	34.36 ± 0.09	0.04 ± 0.003
LP – 07	72.84 ± 0.12	0.20 ± 0.01	0.25 ± 0.01	33.49 ± 0.08	0.04 ± 0.003
LP – 08	64.78 ± 0.12	0.17 ± 0.01	0.22 ± 0.01	30.61 ± 0.08	0.04 ± 0.003
LP – 09	80.37 ± 0.13	0.22 ± 0.01	0.27 ± 0.01	37.26 ± 0.09	0.05 ± 0.003
LP – 10	105.40 ± 0.15	0.28 ± 0.01	0.35 ± 0.01	49.35 ± 0.10	0.06 ± 0.004
LP – 11	85.20 ± 0.13	0.23 ± 0.01	0.28 ± 0.01	38.93 ± 0.09	0.05 ± 0.004
LP – 12	98.82 ± 0.15	0.27 ± 0.01	0.32 ± 0.01	46.14 ± 0.10	0.06 ± 0.004
LP – 13	147.96 ± 0.18	0.40 ± 0.01	0.49 ± 0.01	69.09 ± 0.12	0.08 ± 0.004
LP – 14	157.47 ± 0.18	0.43 ± 0.01	0.50 ± 0.01	76.09 ± 0.13	0.09 ± 0.005
LP – 15	193.30 ± 0.20	0.52 ± 0.01	0.61 ± 0.01	92.85 ± 0.14	0.11 ± 0.005
LP – 16	197.78 ± 0.21	0.53 ± 0.01	0.65 ± 0.01	92.98 ± 0.14	0.11 ± 0.005
Average	**103.36 ± 0.14**	**0.28 ± 0.01**	**0.34 ± 0.01**	**48.53 ± 0.10**	**0.06 ± 0.004**

ผลจากการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ในตัวอย่างดิน อำเภองาว จังหวัดลำปาง ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) มีค่าเฉลี่ย 103.36 ± 0.14 Bq/kg มีค่าสูงที่สุด 197.78 ± 0.21 Bq/kg ในตัวอย่าง LP – 16 มีค่าต่ำสุด 33.69 ± 0.08 Bq/kg ในตัวอย่าง LP – 05 ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) ค่าเฉลี่ย 0.28 ± 0.01 มีค่าสูงที่สุด 0.53 ± 0.01 ในตัวอย่าง LP – 16 มีค่าต่ำสุด 0.09 ± 0.01 ในตัวอย่าง LP – 05 ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) มีค่าเฉลี่ย 0.34 ± 0.01 ค่าสูงที่สุด 0.65 ± 0.01 ในตัวอย่าง LP – 16 ค่าต่ำสุด 0.11 ± 0.01

ในตัวอย่าง LP – 05 ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) มีค่าเฉลี่ย 48.53 ± 0.10 nGy/y มีค่าสูงสุด 92.98 ± 0.14 nGy/y ในตัวอย่าง LP – 16 มีค่าต่ำสุด 15.21 ± 0.06 nGy/y ในตัวอย่าง LP – 05 และ ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) มีค่าเฉลี่ย 0.06 ± 0.004 mSv/y มีค่าสูงสุด 0.11 ± 0.005 mSv/y ในตัวอย่าง LP – 15 และ LP – 16 มีค่าต่ำสุด 0.02 ± 0.002 mSv/y ในตัวอย่าง LP – 05

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra–226, Th–232 และ K–40 ในตัวอย่างดิน มีค่าเฉลี่ย 22.53±0.24, 32.26±0.21 และ 450.55±0.71 Bq/kg ตามลำดับ โดยค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra–226 และ Th–232 มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับ ความเข้มข้นในตัวอย่างดินที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศมาเลเซีย ประเทศลาว ค่าเฉลี่ยของประเทศไทย และค่าเฉลี่ยโลก (อลิษา และพวงทิพย์, 2565; Nisar et al., 2015; Leuangtakoun et al., 2020; UNSCEAR, 2000) แต่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับประเทศตุรกี (Oge et al., 2021) ส่วนค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี K–40 มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับ มาเลเซีย ตุรกี ค่าเฉลี่ยของไทย และค่าเฉลี่ยของโลก (Nisar et al., 2015; Oge et al., 2021; OAP, 2002; UNSCEAR, 2000) อีกทั้งมีการตรวจพบ K–40 มีค่าสูงกว่านิวไคลด์ Ra–226 และ Th–232 เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับที่ 7 ในเปลือกโลก และเป็นผลมาจากการใส่ปุ๋ย ซึ่งภายในปุ๋ยจะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มีสารอาหารหลัก ทำให้มีการเติม K–40 ให้กับดิน และผลการศึกษาค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกายประจำปีทั้งในตัวอย่างดินมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (UNSCEAR, 2000) รายงานไว้ ดังนั้นความเสี่ยงจากการได้รับรังสีอยู่ในระดับปลอดภัยต่อประชาการที่อาศัย ในพื้นที่อำเภองาว จังหวัดลำปาง อย่างไรก็ตาม ควรมีการตรวจวัด และประเมินปริมาณสารกัมมันตรังสีอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี เพื่อความปลอดภัยจากการได้รับรังสีในระยะยาว หากพบปริมาณสารกัมมันตรังสีสูงกว่าเกณฑ์ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรประกาศเตือนประชาชนในบริเวณนั้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่อนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์ฟิสิกส์ในการใช้เครื่องมือ

เอกสารอ้างอิง

อลิษา ทวีลาภ และพวงทิพย์ แก้วทับทิม. (2565). การประเมินนิวไคลด์กัมมันตรังสี (226Ra, 232Th และ 40K) ในดินบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี. การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพมหานคร, 31 สิงหาคม 2565, 169–179.

Ajibola, T. B., Orosun, M. M., Lawal, W. A., Akinyose, F.C.C., & Salawu, N. B. (2021). Assessment of annual effective dose associated with radon in drinking water from gold and bismuth mining area of edu, Kwara, North–central Nigeria. *Pollution*, 7(1), 231–240.

Akingboye, A. S., Ogunyele, A. C., Jimoh, A. T., Adaramoye, O. B., Adeola, A. O., & Ajayi, T. (2021). Radioactivity, radiogenic heat production and environmental radiation risk of the Basement Complex rocks of Akungba–Akoko, southwestern Nigeria: insights from in situ gamma–ray spectrometry. *Environmental Earth Sciences*, 80, 1–24.

Akinyose, F.C., Tchokossa,P., Orosun, M.M., Oluyide, S.O., Olatunji, O., & Martins, G. (2018). A Study of Natural Radioactivity and Gamma Radiation Hazard in Tobacco Leaves and Cigarettes in Oyo State, Nigeria. *Manila Journal of Science*, 11, 104–114.

Atipo, M., Olarinoye, O., Awojoyogbe, B., & Kolo, M. (2020). High Terrestrial Radion Level in an Active Tin–Mine at Jos South, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 24(3), 435–442.

Avwiri, G. O., Ononugbo, C. P., & Olasoji, J. M. (2021). Radionuclide transfer factors of staple foods and its health risks in Niger Delta Region of Nigeria. *International Journal of Innovative Environmental Studies Research*, 9(1), 21–32.

Külahcı, F., Aközcan, S., & Günay, O. (2020). Monte Carlo simulations and forecasting of Radium–226, Thorium–232, and Potassium–40 radioactivity concentrations. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 324, 55–70.

Leuangtakoun, S., T.Phan, G.T., Duong, T.D., Le, N.T., Khong, N.K., & Singsoupho, S. (2020). Natural radioactivity measurement and radiological hazard evaluation in surface soils in a gold mining area and surrounding regions in Bolikhamxay province, Laos. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 326, 997–1007.

Nisar, A., Suhaimi Jaafar, M., & Alsaffar, M.S. (2015). Natural radioactivity in virgin and agricultural soil and its environmental implications in Sungai Petani, Kedah, Malaysia. Pollution. 1(3), 305–313.

Office of Atoms for Peace (OAP). (2002). Annual Report in Thailand. Ministry of Science and Technology, Thailand.

Oge, T.O., Ozdemir, F.B., & Oge, M. (2021). Assessment of environmental radioactivity in soil samples from Bartin Province, Turkey. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 328, 149–162.

Orosun, M. M., Usikalu, M. R., Oyewumi, K. J., & Adagunodo, T. A. (2019). Natural radionuclides and radiological risk assessment of granite mining field in Asa, North–central Nigeria. *MethodsX*, 6, 2504–2514.

Singh, S., Rani, A., & Mahajan, R.K. (2005). Ra–226, Th–232 and 40K analysis in soil samples from some areas of Punjab and Himachal Pradesh, India using gamma ray spectrometry. Radiation Measurements. 39, 431–439.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). (2000). Sources and Effects of lionizing Radiation, Report to the General Assembly, with Scientific Annes, United Nations, New York.

Uzarowicz, Ł., Stobinski, M., Jedrzejek, F., Szarłowicz, K., & Murach, D. (2024). Radioactivity of Technosols on thermal power station ash disposal sites: Assessment of potential radiological human-health risk. Land Degradation & Development, 35(13), 4093–4104.

ผลการพาของวัสดุเม็ดพื้นชนิดแก้วและทรายในภาชนะทรงกระบอกภายใต้ระบบแบบหมุน

Effect of convection behavior of glass and sand granular beds in a cylindrical container under rotation system

เอกพันธ์ ดวงจันทร์[1] อัจฉริยา ประธาน[2] ละลิตา ธิอินโต[2] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[3*]

Eekaphan Duangjan[1], Aschariya Prathan[2], Lalita Tiinto[2] and Panupat Chaiworn[3*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการพาของวัสดุเม็ดพื้นชนิดแก้วและทรายในภาชนะทรงกระบอกภายใต้ระบบแบบหมุน โดยมุ่งอธิบายพฤติกรรมการพาของวัสดุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกที่หมุนอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยการจำลองระบบสามมิติภายใต้เงื่อนไขการหมุนต่าง ๆ เช่น ความถี่และอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพาและการกระจายตัวของวัตถุเม็ดในระบบ การวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ทำโดยบันทึกและติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุเม็ดผ่านโปรแกรม Tracker Version 4.92 ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งตามแนวแกน x และ y ของวัสดุเม็ดสัมพันธ์กับรูปแบบการพาในระบบหมุน โดยพบว่าวัตถุบุกรุกที่อยู่บริเวณศูนย์กลางภาชนะมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตามความถี่ของการหมุน ทั้งนี้อัตราการเร่งในการหมุนของวัตถุบุกรุกมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับพลังงานจลน์ของระบบ กล่าวคือเมื่ออัตราการเร่งเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้พลังงานจลน์ภายในระบบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่าผลการทดลองสนับสนุนกลไกที่เรียกว่า “ปรากฏการณ์การพาของวัสดุเม็ด” ซึ่งอธิบายการเคลื่อนที่แบบมีทิศทางของวัตถุเม็ดภายใต้สภาวะการไหลในระบบการหมุนได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: วัสดุเม็ด, การพา, อัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติ, วัตถุบุกรุก, ความถี่

[1] หลักดุรุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[3] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Bachelor of Education in Physics Department of Physic and General Science Faculty of science and Technology Chiang Mai Rajabhat University Chiang Mai 50300

[2] Master of Science (Science Teaching), Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[3] Department of Physic and General Science, Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author: Panupat_Cha@g.cmru.ac.th

Abstract

This study aims to elucidate the Effect of Convection Behavior of Glass and Sand Granular Beds in a Cylindrical Container Under Rotation System. A three-dimensional experimental simulation was conducted under continuous rotation to investigate how variations in rotational parameters, specifically rotational frequency and dimensionless angular acceleration, affect the convective transport of particles. The motion of individual particles was captured and analyzed using the *Tracker* software (version 4.92) to quantify their trajectories and spatial correlations. The results of the study revealed that the relationship between particle positions along the x- and y-axes significantly influenced the convective flow within the cylindrical container. Intruder particles located near the center exhibited distinct migration patterns that varied with rotational frequency. The angular acceleration of these particles was directly proportional to the kinetic energy of the system, where an increase in rotational acceleration corresponded to a rise in kinetic energy, thereby intensifying the convective motion. These observations confirm that the flow behavior of the granular system under rotation aligns with the well-known phenomenon of granular convection. The research findings contribute to a deeper understanding of energy transfer and particle transport mechanisms in rotating granular systems, offering potential implications for industrial processes involving particulate materials

Keywords: Granular Matter, Convection, The Dimensionless Rotation Acceleration, Intruder particles, Frequency

บทนำ

วัสดุเม็ด (Granular Matter) หมายถึง สารที่ประกอบด้วยอนุภาคของแข็งขนาดเล็กจำนวนมาก โดยมีช่องว่างระหว่างอนุภาคถูกแทรกด้วยของไหล เช่น อากาศหรือน้ำ (สกนธ์ คล่องบุญจิต, 2550) วัสดุประเภทนี้มีบทบาทสำคัญในภาคอุตสาหกรรมหลากหลายแขนง ไม่ว่าจะเป็นวิศวกรรมเคมี อุตสาหกรรมยา อาหาร เกษตรกรรม การทำเหมืองแร่ วิศวกรรมโลหะการ ตลอดจนการผลิตพลังงาน กระบวนการเหล่านี้มักเกี่ยวข้องกับการสั่น การเขย่า หรือการหมุนของวัสดุเม็ด เพื่อให้เกิดการผสม การแยก หรือการกระจายตัวของอนุภาค ซึ่งนำไปสู่ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่ซับซ้อนหลายประการ เช่น การก่อตัวของส่วนโค้ง (Arching) การกอง (Heaping) การแยกชั้น (Segregation) การเกิดคลื่นบนพื้นผิว (Surface Waves) และการพา (Convection) (สกนธ์ คล่องบุญจิต, 2550) ปรากฏการณ์เหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงธรรมชาติพลศาสตร์ของระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น และต้องอาศัยองค์ความรู้ทางฟิสิกส์และการศึกษาแบบสหวิทยาการ เพื่อทำความเข้าใจกลไกพื้นฐานที่ควบคุมการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนรูปของอนุภาคในสภาวะต่าง ๆ (Goldman et al., 2003) ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม แต่พฤติกรรมพลศาสตร์ของวัสดุเม็ดภายใต้การหมุนหรือการสั่นกลับแสดงลักษณะความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นและคาดการณ์ได้ยาก งานวิจัยจำนวนมากจึงมุ่งศึกษากลไกการพา (Convection) และการแยกชั้น (Segregation) เพื่อเพิ่มความเข้าใจพื้นฐานและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการที่เกี่ยวข้อง หนึ่งในงานวิจัยที่เป็นรากฐานสำคัญคือการศึกษาของ Seiden และ Thomas (2011) ซึ่งได้สรุปกลไกการก่อตัวของรูปแบบต่าง ๆ ในระบบการหมุนและระบบสั่น โดยชี้ให้เห็นว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทาน แรงหนืดของเม็ด และผลของผนังมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาค งานนี้แสดงให้เห็นว่าแม้เพียงการเปลี่ยนเงื่อนไขขอบเขตเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้รูปแบบการไหลของระบบเปลี่ยนไปอย่างมาก แรงเสียดทานจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการออกแบบ

การทดลองที่เกี่ยวข้องกับการหมุนของวัสดุเม็ด ต่อมา Liao และ Hsiau (2016) ศึกษาพฤติกรรมการขนส่งและการแยกชั้นในวัสดุเม็ดที่ถูกสั่น โดยใช้ทั้งวิธีทดลองและการวัดเชิงปริมาณ พวกเขาพบว่าคุณสมบัติของวัสดุเม็ดพื้น เช่น ความหยาบและความแข็ง มีผลต่อการเคลื่อนที่ของเซลล์การพาและการเคลื่อนที่สุทธิของอนุภาคอย่างชัดเจน การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแม้เพียงการปรับชนิดวัสดุหรือความถี่การสั่นก็สามารถทำให้พฤติกรรมของระบบเปลี่ยนไปในระดับโครงสร้างการพาได้ นอกจากนี้ Sheng et al. (2016) ได้รายงานผลการทดลองเกี่ยวกับการพาของวัสดุเม็ดภายใต้การสั่นและการเร่งแบบไม่คงที่ พบว่าความเร่งเชิงมุมแบบไร้มิติเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการเริ่มต้นของโครงสร้างการพาแบบม้วน (Convection roll) และแรงเฉือนภายในชั้นเม็ด เมื่อความเร่งเชิงมุมแบบไร้มิติเพิ่มขึ้นการเชื่อมประสานระหว่างชั้นเม็ดกับพื้นผิวภาชนะจะสูงขึ้น ทำให้โครงสร้างการพาชัดเจนขึ้น ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับระบบการหมุนที่ความเร่งเชิงมุมสูง งานวิจัยนี้ช่วยยืนยันว่าการเปลี่ยนแปลงเพียงตัวแปรความเร่งเชิงมุมแบบไร้มิติก็สามารถส่งผลต่อพฤติกรรมการไหลทั้งหมดของระบบ สุดท้ายงานวิจัยของ Zik et al. (1994) ได้แสดงผ่านการทดลองกับระบบหมุมพบว่าแม้ในระบบที่มีความเร็วรอบต่ำ การแยกชั้นตามรัศมี (Radial segregation) และการพาตามแนวแกนยังเกิดขึ้นได้ เนื่องจากผลของแรงเฉือนภายในชั้นเม็ดและแรงเสียดทานกับผนังภาชนะ ผลการศึกษานี้มีความสำคัญมากในการอธิบายระบบหมุนอย่างช้า ๆ ที่พบในงานอุตสาหกรรม เช่น เครื่องผสมแนวนอนหรือกระบอกหมุนร้อนแนวนอน (Drum dryer) ที่ใช้สำหรับอบแห้งวัสดุ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับระบบทดลองในงานวิจัยครั้งนี้

จากการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยด้าน ความเร่งเชิงมุม (Dimensionless rotation acceleration), ชนิดวัสดุเม็ด, เงื่อนไขขอบเขต, และคุณสมบัติการสั่นหรือหมุนของระบบ ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดการพา, การแยกและโครงสร้างการไหลอื่น ๆ งานวิจัยเพิ่มเติมที่ศึกษาบทบาทของตัวแปรเหล่านี้ภายใต้ระบบหมุนสามมิติ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการทำความเข้าใจกลไกพื้นฐานและการประยุกต์ในระบบอุตสาหกรรมจริง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งศึกษาผลการพาของวัสดุเม็ดพื้นชนิดแก้วและทรายในภาชนะทรงกระบอกภายใต้ระบบแบบหมุนโดยทำการทดลองในระบบสามมิติ โดยพิจารณาปัจจัยสำคัญอันได้แก่ความถี่การหมุนและอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติ (Γ: Dimensionless Rotation Acceleration) เพื่อวิเคราะห์ผลที่มีต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาค การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการผ่านการบันทึกและติดตามตำแหน่งวัตถุด้วยโปรแกรม Tracker Version 4.92 ผลการศึกษามุ่งสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับพลศาสตร์ของวัสดุเม็ดในระบบหมุน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านฟิสิกส์ของวัสดุมีเม็ด การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อศึกษาวัสดุที่มีค่าการยึดเกาะวัสดุเม็ดบางชนิด เช่น ผงแป้ง ดิน หรือวัสดุที่มีลักษณะชื้นเล็กน้อย จะช่วยขยายความเข้าใจของกลไก granular convection ให้ครอบคลุมระบบจริงในอุตสาหกรรมมากขึ้น ประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลองพลศาสตร์ที่ครอบคลุมมากขึ้น โดยเพิ่มช่วงความถี่การหมุนหรือความเร่งเชิงโปรแกรม (controlled acceleration) เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมพลศาสตร์ในช่วงที่เกิดการเปลี่ยนผ่าน (transition) ตลอดจนการส่งเสริมเครือข่ายการวิจัยเพื่อเผยแพร่และขยายขอบเขตความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่ซับซ้อนในระบบวัสดุเม็ดต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาผลการพาของวัสดุเม็ดพื้นชนิดแก้วและทรายในภาชนะทรงกระบอกภายใต้ระบบแบบหมุน

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

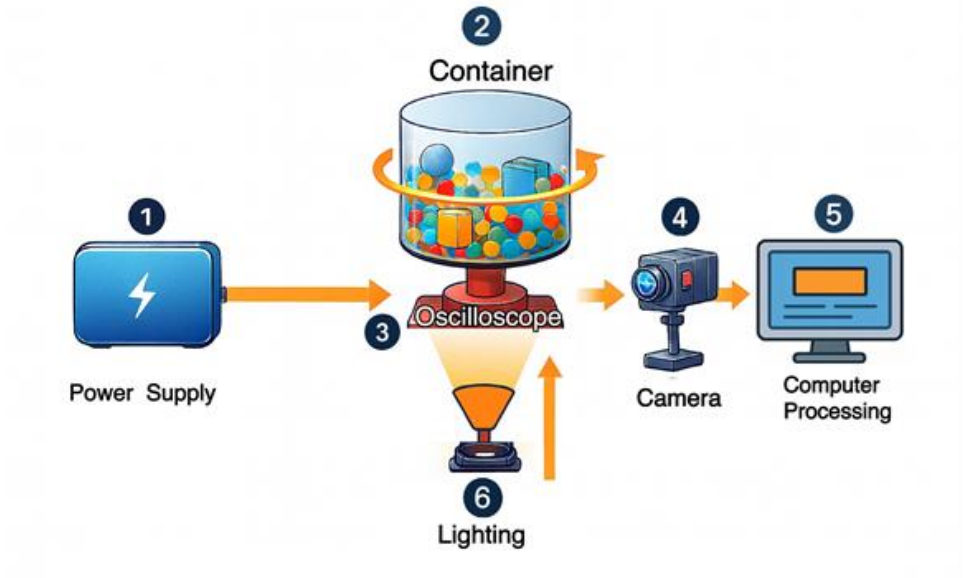
งานวิจัยนี้มีสมมุติฐาน ดังนี้ ชนิดและขนาดของวัสดุเม็ดพื้นมีผลโดยตรงต่อการพาในระบบหมุนโดยที่วัสดุเม็ดพื้นที่มีผิวขรุขระ เช่น เม็ดทราย จะทำให้เกิดการถ่ายโอนพลังงานจลน์ได้ดีกว่าเม็ดแก้ว และความถี่การหมุนที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มอัตราการเร่งไร้มิติ (Γ) และทำให้รัศมีการเคลื่อนที่ของวัตถุบุกรุกเพิ่มขึ้น

ตัวแปรต้น (Independent Variable)	**ตัวแปรตาม** (Dependent Variable)
- วัตถุบุกรุกเป็น แก้ว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 4 mm, 5 mm และ 6 mm - วัสดุเม็ดพื้น ได้แก่ แก้ว และ ทราย - ความถี่ระบบภายใต้การหมุน - อัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุบุกรุก	ผลของการพาของวัสดุเม็ดภายใต้ระบบหมุน - ตำแหน่งของวัตถุบุกรุกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 4 mm, 5 mm และ 6 mm - รัศมีการเคลื่อนที่ของวัตถุบุกรุก - การถ่ายโอนพลังงานจลน์

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาและสร้างอุปกรณ์ทดลองขึ้นในการทดลอง โดยใช้ภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก ขนาดกว้าง 12 cm ยาว 12 cm สูง 12 cm ส่วนวัสดุเม็ดใช้เม็ดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4, 5 และ 6 mm และเม็ดทราย นอกจากนี้ยังมีวัสดุเม็ดขนาดที่ใหญ่กว่าใช้ทดลอง โดยการนำวัสดุเม็ดแก้วย้อมสีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 , 5 และ 6 mm เป็นวัตถุบุกรุกเม็ดแก้วย้อมสีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 , 5 และ 6 mm ตามลำดับ โดยนำภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกมาติดตั้งภายใต้ระบบการหมุนดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ดังนี้



ภาพที่ 2 การติดตั้งการทดลองภายใต้ระบบเครื่องการหมุน

ตอนที่ 1 การศึกษาผลของวัสดุเม็ดแก้วขนาดต่างๆ ที่มีผลต่อการพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้การไหลโดยระบบการหมุน

การติดตั้งการทดลองโดยใช้ขนาดของวัสดุเม็ดแก้วขนาดต่างๆที่มีผลต่อการพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก ภายใต้การไหลโดยระบบการหมุน ซึ่งใช้ความถี่ที่แตกต่างกันมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ กำหนดขนาดของวัสดุเม็ดแก้วที่มีขนาด 4 mm , 5 mm และ 6 mm ตามลำดับ นำวัสดุเม็ดแก้วขนาด 4 mm ใส่ลงในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก นำวัสดุเม็ดแก้วย้อมสีขนาด 4 mm ใส่ลงในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก และนำรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ ใส่ลงในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก โดยเริ่มจากวงกลม ทรงกระบอก และสี่เหลี่ยม ตามลำดับ จากนั้นทดลองและดูลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้การไหลโดยระบบการหมุน โดยกำหนดความถี่โดยเริ่มจาก 1 Hz, 1.5 Hz และ 2 Hz ตามลำดับ ทำซ้ำข้อที่ 1–5 โดยเปลี่ยนขนาดของเม็ดแก้วเป็นขนาด 5 mm และ 6 mm ตามลำดับ บันทึกตำแหน่งของเม็ดแก้วตามแนวแกน x และแกน y โดยใช้โปรแกรม Tracker Version 4.92

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของวัสดุเม็ดทรายที่มีผลต่อการพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้การไหลโดยระบบการหมุน

การศึกษาใช้ขนาดของเม็ดทรายที่มีผลต่อการพาของวัสดุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก ภายใต้ระบบการหมุน ซึ่งใช้ความถี่ที่แตกต่างกันมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ กำหนดขนาดของเม็ดทราย นำเม็ดทราย ใส่ลงในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก นำเม็ดแก้วย้อมสีขนาด 4 mm ใส่ลงในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก นำเรขาคณิตรูปทรงต่าง ๆ ใส่ลงในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก โดยเริ่มจากวงกลม ทรงกระบอก และสี่เหลี่ยม ตามลำดับ จากนั้นทดลองและดูลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก ภายใต้การไหลโดยระบบการหมุน โดยกำหนดความถี่โดยเริ่มจาก 1 Hz, 1.5 Hz และ 2 Hz ตามลำดับ ทำซ้ำข้อที่ 1–5 โดยเปลี่ยนขนาดของเม็ดแก้วย้อมสีเป็น 5 mm และ 6 mm ตามลำดับ บันทึกตำแหน่งของเม็ดทรายตามแนวแกน x และแกน y โดยใช้โปรแกรม Tracker Version 4.92

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ขนาดของวัสดุเม็ดแก้วขนาดต่างๆที่มีผลต่อการพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุนต่างกัน ดังนี้ (1) เม็ดแก้วขนาด 4 mm (2) เม็ดแก้วขนาด 5 mm และ (3) เม็ดแก้วขนาด 6 mm ทำนองเดียวกันการวิเคราะห์ขนาดของวัสดุเม็ดทรายที่มีผลต่อการพาของวัตถุเม็ดบุกรุกที่เป็นวัสดุเม็ดแก้ว (1) เม็ดแก้วขนาด 4 mm (2) เม็ดแก้วขนาด 5 mm และ (3) เม็ดแก้วขนาด 6 mm เช่นเดียวกัน แล้วบรรจุในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุนต่างกัน ดังนี้ โดยการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นวิเคราะห์อัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติ (Γ) ที่สัมพันธ์พลังงานจลน์ (E_k) ของวัสดุเม็ดแก้วและวัสดุเม็ดทรายที่มีผลต่อการพาของวัสดุเม็ดแก้วที่ถือว่าเป็นวัสดุบุกรุกในวัสดุเม็ดแก้ว และวัสดุเม็ดทราย

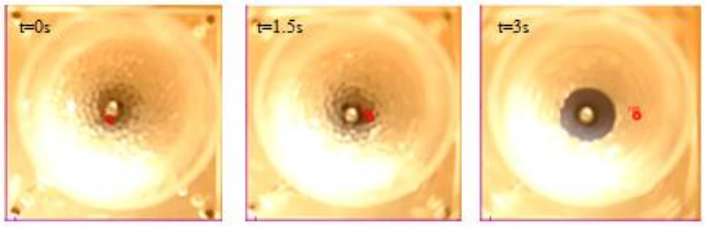
ผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้ผลการทดลองหาผลการพาของวัตถุเม็ดภายใต้ระบบการหมุนอย่างต่อเนื่อง โดยการทดลองในระบบสามมิติภายใต้การหมุน โดยพิจารณาเงื่อนไขการหมุน เช่น ปัจจัยทางความถี่ และอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติ เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อการพาของวัตถุเม็ด ภายใต้ระบบการหมุนแล้วทำการวิเคราะห์จากการบันทึกวิดีโอและติดตามวัตถุโดยใช้โปรแกรม Tracker Version 4.92 ดังนี้

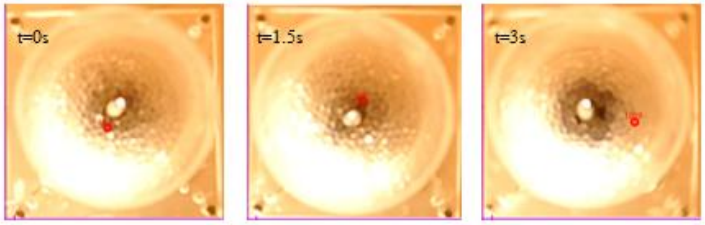
ตอนที่ 1 การศึกษาผลของวัสดุเม็ดแก้วขนาดต่างๆ ที่มีผลต่อการพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้การไหลโดยระบบการหมุน

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่าการศึกษาขนาดของเม็ดแก้วขนาดต่างๆที่มีผลต่อการไหลพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก ภายใต้ระบบการหมุน โดยการกำหนดขนาดของวัสดุเม็ดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ได้แก่ 4 mm, 5 mm และ 6 mm และความถี่ที่แตกต่างกัน ซึ่งศึกษาการพาของวัตถุเม็ด ในการทดลองนี้ใช้วัตถุเม็ดแก้วเป็นวัตถุเม็ดพื้นและเม็ดแก้วย้อมสีที่ใช้เป็นวัตถุบุกรุกเพื่อศึกษาเงื่อนไขการไหลพาของวัตถุเม็ด ภายใต้ระบบการหมุน โดยใช้โปรแกรม Tracker Version 4.92 ในการติดตามวัตถุบุกรุกได้ผลการศึกษา และใช้โปรแกรม Origin8 ในการสร้างกราฟข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่าวัตถุบุกรุกและวัตถุเม็ดพื้นเคลื่อนที่ในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุน ที่มีขนาดของเม็ดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันและความถี่ที่แตกต่างกัน เกิดการไหลพาของวัตถุเม็ดที่เปลี่ยนแปลงไปความถี่ซึ่งได้ผลของการเคลื่อนที่ของวัตถุบุกรุก โดยใช้โปรแกรม Tracker Version 4.92 ในการติดตามวัตถุบุกรุกได้ผลการศึกษา และแสดงผลของการพาของเม็ดบุกรุก ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่าเมื่อวัตถุบุกรุกเคลื่อนที่และมีวัตถุเม็ดพื้นสู่กันของภาชนะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm , 5 mm และ 6 mm พบว่าวัตถุบุกรุกจะเคลื่อนที่ ซึ่งวัตถุบุกรุกที่อยู่จุดศูนย์กลางของภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุน โดยใช้ความถี่ที่แตกต่างกัน จะมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยจะขยายเป็นวงกว้างมากขึ้นเมื่อเพิ่มความถี่มากขึ้นตามลำดับ และจะทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วกกว่า

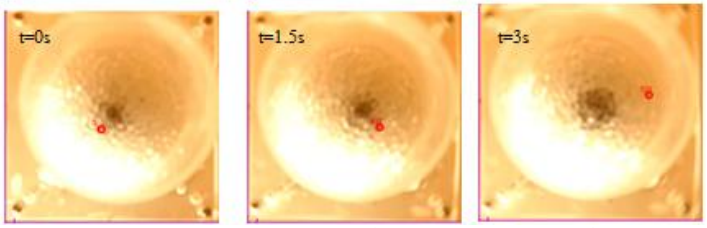
3ก)



3ข)



3ค)

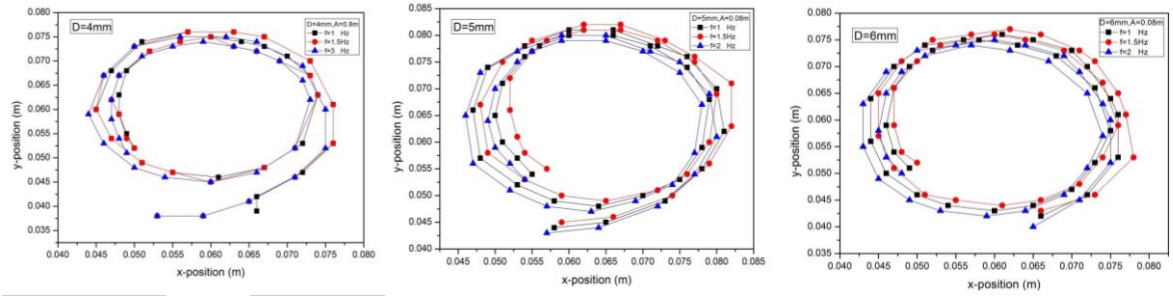


ภาพที่ 3 Snapshot การพาของวัตถุเม็ดแก้วโดยที่มีขนาดของเม็ดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุบุกรุกแตกต่างกัน ตามลำดับ โดยใช้ความถี่ในการหนุมที่แตกต่างกัน

3ก) 4 mm

3ข) 5 mm

3ค) 6 mm



4ก) 4ข) 4ค)

ภาพที่ 4 ตำแหน่งตามแนวแกน x (x – position) และแนวแกน y (y – position) ของวัตถุบุกรุกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ตามลำดับ

4ก) 4 mm

4ข) 5 mm

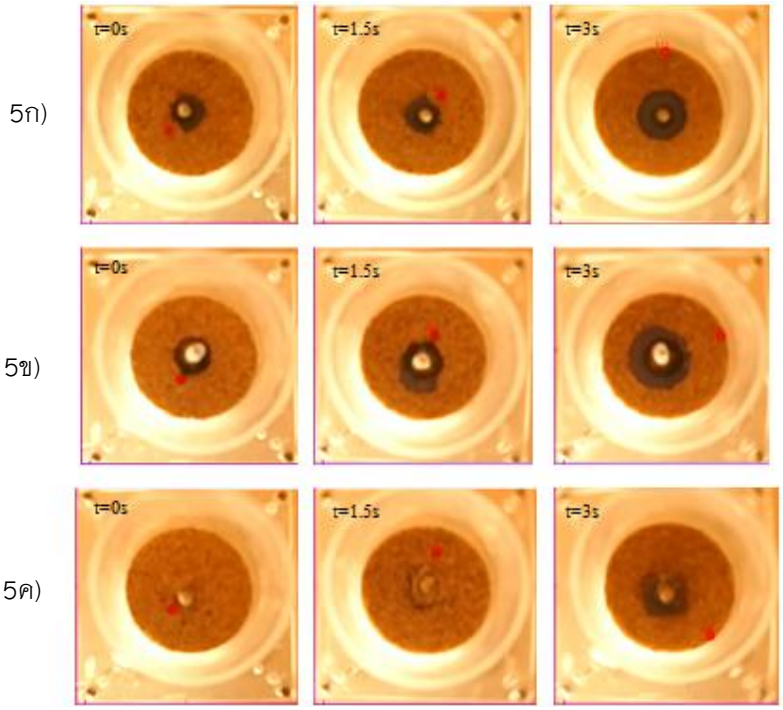
4ค) 6 mm

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของวัสดุเม็ดทรายที่มีผลต่อการพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้การไหลโดยระบบการหมุน

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่าการศึกษาขนาดของเม็ดทรายที่มีผลต่อการไหลพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก ภายใต้ระบบการหมุน โดยการกำหนดขนาดของวัตถุบุกรุกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ได้แก่ 4 mm, 5 mm และ 6 mm และความถี่ที่แตกต่างกัน ซึ่งศึกษาการไหลพาของวัตถุเม็ด ในการทดลองนี้ใช้เม็ดทรายเป็นวัตถุเม็ดพื้นและเม็ดแก้วย้อมสีที่ใช้เป็นวัตถุบุกรุกเพื่อศึกษาเงื่อนไขการไหลพาของวัตถุเม็ด ภายใต้ระบบการหมุน โดยใช้โปรแกรม Tracker Version 4.92 ในการติดตามวัตถุบุกรุกได้ผลการศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 5 จากภาพที่ 5 พบว่าวัตถุบุกรุกและวัตถุเม็ดพื้นเคลื่อนที่ในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุบุกรุกที่แตกต่างกันและความถี่ที่แตกต่างกัน เกิดการไหลพาของวัตถุเม็ดที่เปลี่ยนแปลงไปความถี่ซึ่งได้ผลของการเคลื่อนที่ของวัตถุบุกรุก โดยใช้โปรแกรม Tracker Version 4.92 ในการติดตามวัตถุบุกรุกได้ผลการศึกษา และแสดงกราฟความสัมพันธ์ของการพาของเม็ดบุกรุก ดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่าเมื่อวัตถุบุกรุกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ซึ่งได้แก่ 4 mm, 5 mm และ 6 mm เคลื่อนที่และมีทรายเป็นวัตถุเม็ดพื้น พบว่าวัตถุบุกรุกจะเคลื่อนที่ ซึ่งวัตถุบุกรุกที่อยู่จุดศูนย์กลางของภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุน โดนใช้ความถี่ที่แตกต่างกัน จะมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยจะขยายเป็นวงกว้างมากขึ้นเมื่อเพิ่มความถี่มากขึ้นตามลำดับ และจะทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วกกว่าเม็ดแก้ว

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติ (Γ) กับพลังงานจลน์ (E_k) จากภาพ 7 ก อัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติกับพลังงานจลน์ (E_k) ของเม็ดแก้วขนาดต่างๆที่มีผลต่อการไหลพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุน พบว่าอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุบุกรุกจะแปรผันตรงกับพลังงานจลน์ภายในระบบ โดยเมื่ออัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุบุกรุกมีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้พลังงานจลน์มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน และจากภาพ 7ข อัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติกับพลังงานจลน์ (E_k) ของเม็ดทรายที่มีผลต่อการไหลพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกระบบการหมุน พบว่าอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุบุกรุกจะแปรผันตรงกับพลังงานจลน์ภายในระบบ โดยเมื่ออัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุบุกรุกมีค่าเพิ่มมาก

ขึ้นจะทำให้พลังงานจลน์มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งการไหลพาของวัสดุเม็ดภายใต้ระบบการหมุนเหล่านี้ของวัตถุเม็ด จากการทดลองนี้สนับสนุนปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์การพาของวัตถุเม็ด (Convection Effect)

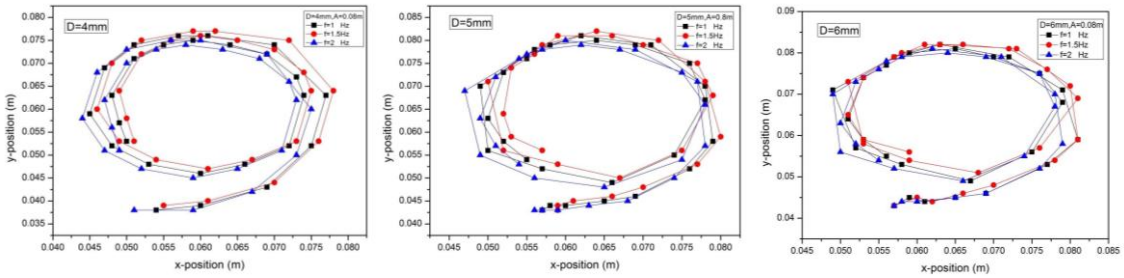


ภาพที่ 5 Snapshot การไหลพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก ภายใต้ระบบการหมุน โดยการกำหนดขนาดของวัตถุบุกรุกเม็ดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันตามลำดับและความถี่ที่แตกต่างกัน

5ก) 4 mm

5ข) 5 mm

5ค) 6 mm



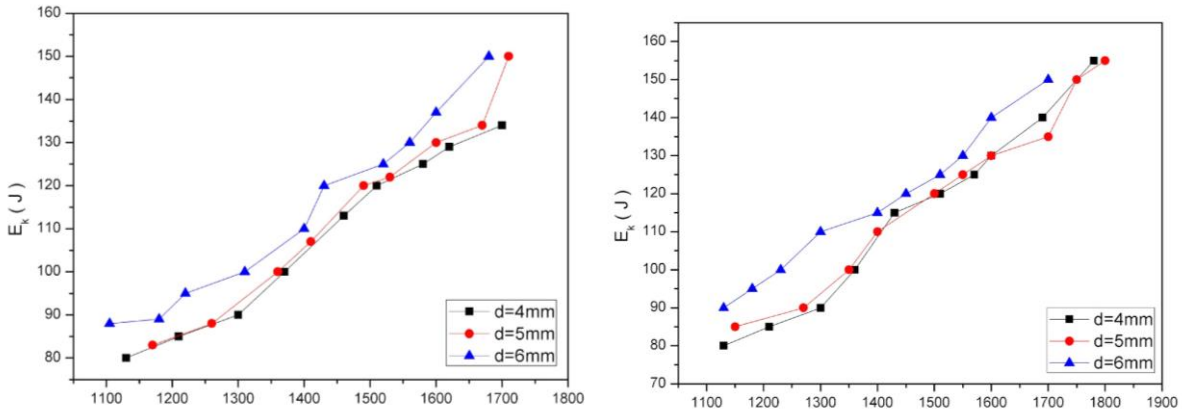
6ก) 6ข) 6ค)

ภาพที่ 6 ตำแหน่งตามแนวแกน x (x – position)และแนวแกน y (y – position) ของวัตถุบุกรุกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ตามลำดับ

6ก) 4 mm

6ข) 5 mm

6ค) 6 mm



ภาพที่ 7 แสดงอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติกับพลังงานจลน์ (E_k) ที่มีผลต่อการไหลพาของวัสดุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุน
7ก) วัสดุบุกรุกเม็ดแก้วขนาดต่างๆ ในวัสดุพื้นเม็ดแก้ว
7ข) วัสดุบุกรุกเม็ดแก้วขนาดต่างๆ ในวัสดุพื้นเม็ดทราย

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาตำแหน่งตามแนวแกน x และ ตำแหน่งตามแนวแกน y ของเม็ดทรายที่มีผลต่อการไหลพาของวัตถุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอก ภายใต้ระบบการหมุนซึ่งใช้ความถี่ที่แตกต่างกันออกไปในการทดลองนี้ใช้ทรายเป็นวัตถุเม็ดพื้นและเม็ดแก้วย้อมสีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ 4 mm, 5 mm และ 6 mm เป็นวัตถุบุกรุกเพื่อศึกษาเงื่อนไขการไหลพาของวัตถุเม็ด ภายใต้ระบบการหมุน พบว่าวัตถุบุกรุกจะเคลื่อนที่ซึ่งวัตถุบุกรุกที่อยู่จุดศูนย์กลางของภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุน โดยใช้ความถี่ที่แตกต่างกันวัตถุบุกรุกจะเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ เมื่อเพิ่มความถี่มากขึ้นวัตถุบุกรุกจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยจะขยายเป็นวงกว้างมากขึ้นเมื่อเพิ่มความถี่ขึ้นตามลำดับ และเมื่ออัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุบุกรุกมีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้พลังงานจลน์มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุ บุกรุกจะแปรผันตรงกับพลังงานจลน์ภายในระบบ จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่เร็วกว่าวัตถุเม็ดพื้นที่เป็นเม็ดแก้ว ซึ่งการไหลพาของวัตถุเม็ด ภายใต้ระบบการหมุนเหล่านี้ของวัตถุเม็ดจากการทดลองนี้สนับสนุนปรากฏการณ์ที่เรียกว่า”ปรากฏการณ์การพาของวัตถุเม็ด (Convection Effect)

การศึกษาการพาของวัสดุเม็ดในภาชนะบรรจุรูปทรงกระบอกภายใต้ระบบการหมุน โดยใช้วัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm, 5 mm และ 6 mm เป็นวัตถุบุกรุก โดยกำหนดให้ความถี่ของการไหลมีค่าเท่ากับ 1 Hz, 1.5 Hz และ 2 Hz ตามลาดับ จากการทดลองในตอนที่ 1 ได้ใช้เม็ดแก้วเป็นวัสดุเม็ดพื้น และการทดลองตอนที่ 2 การมีใช้เม็ดทรายเป็นวัสดุเม็ดพื้น ทั้งสองการทดลองให้ผลที่สอดคล้องกัน โดยเมื่อใช้ความถี่ของการไหลที่แตกต่างกัน วัตถุบุกรุกจะมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยจะขยายเป็นวงกว้างมากขึ้นเมื่อเพิ่มความถี่มากขึ้น และในระบบที่มีความถี่มากจะส่งผลให้วัสดุบุกรุกเคลื่อนที่ได้เร็วมากขึ้นตามลาดับ ผลการทดลองนี้สนับสนุนหลักการของการไหลพาในวัสดุเม็ด โดยเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุบุกรุกจะมีการขยายตัวเมื่อความถี่การหมุนเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของแรงหนีศูนย์กลาง นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพลังงานจลน์ตามอัตราเร่งการหมุนไร้มิติ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่พบได้ทั่วไปในระบบหมุนที่มีอนุภาคจานวนมาก ในการทดลองยังพบว่าเมื่อรัศมีของวัสดุเม็ดพื้นมี

ขนาดใหญ่ขึ้น รัศมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของวัสดุบุกรุกมีแนวโน้มที่จะขยายขนาดตาม ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากแรงเหวี่ยงที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับมวลวัสดุเม็ดพื้น และแรงเหวี่ยงที่เพิ่มขึ้นเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้อนุภาคมีแนวโน้มเคลื่อนที่ออกจากศูนย์กลางมากขึ้น (Seiden & Thomas, 2016) นอกจากนี้งานวิจัยของ Pol และ Richard (2025) ที่ศึกษาวัสดุเม็ดที่มีการยึดเกาะภายในถังหมุนยังชี้ให้เห็นว่าลักษณะรูปร่างพื้นผิวของวัสดุเม็ดและรูปแบบการไหลจะแตกต่างตามขนาดของวัสดุเม็ด ซึ่งเป็นหลักฐานสนับสนุนว่าขนาดและชนิดวัสดุเม็ดพื้นมีผลต่อพลศาสตร์การไหลของระบบ ผลการทดลองที่พบว่าระบบที่ใช้เม็ดทรายทำให้วัตถุบุกรุกเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าระบบที่ใช้เม็ดแก้ว สามารถอธิบายได้จากการที่เม็ดทรายมีความขรุขระของพื้นผิวมากกว่าทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างเม็ดสูงกว่าวัสดุเม็ดที่มีผิวเรียบเช่น ลูกแก้ว จากการศึกษาของ Liao และ Hsiau (2016) รวมถึง Sheng (2016) พบว่าในระบบที่ใช้วัสดุเม็ดพื้นผิวขรุขระการเชื่อมต่อเชิงพลศาสตร์ระหว่างการหมุนของภาชนะกับชั้นเม็ดจะมีประสิทธิภาพมากทำให้การถ่ายโอนพลังงานและโมเมนตัมเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่า ส่งผลให้เกิดการไหลพาที่มากขึ้น และเนื่องจากผิวที่มีความขรุขระมีแนวโน้มก่อให้เกิดอัตราเฉือนที่สูงขึ้นบริเวณชั้นผิวของการไหล และส่งผลให้เกิดการกร่อนของแกนชั้นของแข็งเพิ่มมากขึ้น อันนำไปสู่การพามวลจากส่วนแกนภายในออกสู่บริเวณผิวได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้วัสดุบุกรุกสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วขึ้น พร้อมทั้งทำให้ขอบเขตหรือรัศมีของบริเวณการไหลขยายกว้างออกไป (Sheng et al., 2016) และจากการที่อนุภาคที่มีผิวเรียบมักเกิดการลื่นไถลระหว่างชั้นเม็ดกับผนังหรือฐานรองรับได้ง่าย ส่งผลให้พลังงานจากการหมุนถูกถ่ายโอนไปยังชั้นการไหลได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ทำให้รัศมีของบริเวณการไหลและความเร็วของกระแสพาลดลงกล่าวคือ เมื่อเกิดสภาวะฐานลื่นความหนาของชั้นการไหลจะลดลงและพลังงานจลน์ภายในชั้นดังกล่าวมีค่าน้อยลง (Liao & Hsiau, 2016) ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตว่าระบบที่ใช้เม็ดแก้วมีอัตราการพาที่ช้ากว่าระบบเม็ดทราย เหตุผลเหล่านี้ช่วยสนับสนุนผลการทดลองในงานวิจัยที่พบว่าชนิดของวัสดุเม็ดพื้น(ทรายและแก้ว) มีผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงของอนุภาควัสดุเม็ดภายใต้ผลของการหมุน

จากภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติ (Γ) กับพลังงานจลน์ (Ek) พบว่าเมื่ออัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุบุกรุกมีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้พลังงานจลน์มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน ผลการทดลองที่ปรากฏเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของความถี่ในการไหลนี้ได้ส่งผลต่ออัตราการเร่งไร้มิติ (Γ) และเมื่ออัตราการเร่งไร้มิติ (Γ) ในการหมุนของวัตถุบุกรุกมีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้พลังงานจลน์มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย กล่าวโดยสรุปคืออัตราการเร่งในการหมุนไร้มิติของวัตถุบุกรุกจะแปรผันตรงกับพลังงานจลน์ภายในระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang และคณะ (2024) ที่พบว่าพฤติกรรมของอนุภาคถูกควบคุมโดยแรงเหวี่ยงและพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความถี่การหมุนสูงขึ้นซึ่ง เนื่องจากแรงเหวี่ยงและการถ่ายโอนพลังงานจลน์ (kinetic energy) มีผลสำคัญต่อลักษณะการเคลื่อนที่และการไหลของวัสดุเม็ดเมื่อได้รับแรงจากระบบหมุน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อภาชนะในระบบหมุน แรงจากผนังและการชนระหว่างเม็ดถูกส่งต่อเข้าสู่ชั้นเม็ดได้มากและต่อเนื่องกว่า กล่าวคือระดับที่แรงหมุนของภาชนะสามารถส่งผ่านไปยังวัสดุเม็ดระหว่างการหมุนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ชั้นการไหลได้รับพลังงานจลน์มากขึ้นและเกิดการพาที่มากกว่า (Liao & Hsiau, 2016; Sheng et al., 2016) จากการทดลองนี้ทำให้สามารถอธิบายพฤติกรรมการไหลพาของวัสดุเม็ดภายใต้อิทธิพลของการหมุนได้ว่า ระบบที่ใช้เม็ดทรายซึ่งมีผิวขรุขระเอื้อต่อการเกิดแรงเสียดทานและการเชื่อมประสานระหว่างอนุภาคในระดับที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับเม็ดแก้ว ส่งผลให้การถ่ายโอนพลังงานจลน์จากการหมุนสู่ชั้นการไหลมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ชั้นการไหลมีความหนาเพิ่มขึ้นและเกิดอัตราเฉือนในระดับสูงขึ้นตามไปด้วย ปัจจัยดังกล่าวนำไปสู่อัตราการไหลพาที่รวดเร็วกว่าและรัศมีของการเคลื่อนที่ที่ขยายกว้างขึ้น (Liao & Hsiau, 2016; Sheng et al., 2016) ในการศึกษาวิจัยนี้ผลการทดลองยืนยันว่าพฤติกรรมของอนุภาคในระบบหมุนถูกกำหนดโดยแรงเหวี่ยงและการถ่ายโอนพลังงานจลน์ภายในระบบ ซึ่งเพิ่มขึ้นตามความถี่การหมุน ให้ผลนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการไหล

พาในวัสดุเม็ด ที่ระบุว่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นจากการหมุนจะสร้างเส้นทางการพาเป็นวงหมุน ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกว้างตามลำดับของความถี่การหมุน ผลจากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าวัตถุบุกรุกทุกขนาดมีการเคลื่อนที่เป็นลักษณะวงกลมภายในภาชนะทรงกระบอก และรัศมีของการเคลื่อนที่จะขยายกว้างขึ้นเมื่อความถี่การหมุนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้วัตถุบุกรุกเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นตามลาดับ นอกจากนี้ชนิดของวัสดุเม็ดพื้นยังมีผลต่อพลศาสตร์ของระบบ โดยระบบที่ใช้เม็ดทรายทำให้วัตถุบุกรุกเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้เม็ดแก้ว

ทั้งหมดนี้สะท้อนให้เห็นว่าพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของอนุภาคในระบบหมุนถูกควบคุมโดยแรงเหวี่ยงและการถ่ายโอนพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นตามความถี่การหมุน เมื่อความถี่ของการหมุนเพิ่มขึ้นอัตราการเร่งไร้มิติ (Γ) มีค่ามากขึ้นตามและส่งผลให้พลังงานจลน์ของอนุภาคเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนกัน การเพิ่มขึ้นของพลังงานภายในระบบทำให้เกิดการไหลพาที่ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยอนุภาคมีแนวโน้มเคลื่อนที่เป็นวงหมุนที่มีรัศมีกว้างขึ้นตามความถี่การหมุน ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีการไหลพาในวัสดุเม็ด ซึ่งระบุว่าการเพิ่มพลังงานจากการหมุนจะกระตุ้นให้เกิดรูปแบบการพาที่มีความเป็นระเบียบมากขึ้นภายในระบบ ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าความถี่การหมุนรวมถึงขนาดและชนิดของวัสดุเม็ดพื้น เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ของอนุภาคในระบบหมุน โดยวัตถุบุกรุกมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลมที่มีรัศมีกว้างขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ทั้งยังพบว่าระบบที่ใช้เม็ดทรายเป็นวัสดุพื้นก่อให้เกิดการไหลพาที่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบที่ใช้เม็ดแก้ว นอกจากนี้ค่าอัตราการเร่งไร้มิติ (Γ) ที่สูงขึ้นยังสัมพันธ์กับพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นกลไกหลักที่ขับเคลื่อนการไหลพาในวัสดุเม็ด งานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นรูปแบบหลักของการไหลพาในวัสดุเม็ดภายใต้ระบบการหมุน ทั้งในด้านการเคลื่อนที่แบบวงกลมและความสัมพันธ์ด้านพลังงาน ช่วยยืนยันความเข้าใจเกี่ยวกับพลศาสตร์และกลไกการพาของวัสดุเม็ดภายใต้ระบบการหมุนได้อย่างชัดเจน ซึ่งข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบหรือเป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงทดลองของระบบวัสดุเม็ดในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้พบว่าวัตถุบุกรุกมีการเคลื่อนที่เป็นวงกว้างมากขึ้นเมื่อความถี่การหมุนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Seiden & Thomas (2011) ที่ระบุว่าแรงเหวี่ยงที่เพิ่มขึ้นทำให้ชั้นการไหลขยายตัว การที่ระบบที่ใช้เม็ดทรายทำให้เกิดการพารวดเร็วกว่าเม็ดแก้ว อธิบายได้จากความขรุขระของพื้นผิวอนุภาคซึ่งก่อให้เกิดแรงเสียดทานมากขึ้น ทำให้การถ่ายโอนพลังงานมีประสิทธิภาพสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Liao & Hsiau (2016) และ Sheng et al. (2016) นอกจากนี้แนวโน้มที่อัตราการเร่งไร้มิติ (Γ) เพิ่มขึ้นพร้อมกับพลังงานจลน์ (E_k) ยังสนับสนุนแบบจำลองพลศาสตร์ของ Wang (2024) ที่ระบุว่าการเพิ่มพลังงานจากการหมุนจะกระตุ้นให้เกิดชั้นของการพาที่หนาและมีอัตราเฉือนสูง ทำให้อนุภาคถูกพาออกสู่ผิวนอกได้รวดเร็วขึ้น ทั้งหมดนี้ยืนยันว่าระบบการหมุนเป็นตัวกระตุ้นหลักสำหรับการเกิดการพาของวัสดุเม็ด

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องผลการพาของวัสดุเม็ดพื้นชนิดแก้วและทรายในภาชนะทรงกระบอกภายใต้ระบบแบบหมุน มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรคำนึงถึงผลของความขรุขระของวัสดุเม็ดพื้น เนื่องจากงานวิจัยนี้พบว่าวัสดุพื้นประเภทเม็ดทรายทำให้การพาของวัตถุบุกรุกเกิดได้รวดเร็วกว่าเม็ดแก้ว การเลือกใช้วัสดุเม็ดในการทดลองหรือในงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องพิจารณาความขรุขระและสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของวัสดุร่วมด้วย เพราะส่งผลต่อการถ่ายโอนพลังงานและความเร็วของกระแสพาโดยตรง

2. ความถี่การหมุนเป็นตัวแปรสำคัญที่ควบคุมรูปแบบการไหลพา ผู้ใช้งานระบบหมุน เช่น เครื่องผสม เครื่องแยก หรือถังหมุนอุตสาหกรรมควรควบคุมความถี่ให้เหมาะสม เพราะค่าอัตราเร่งไร้มิติ (Γ) และพลังงานจลน์ของอนุภาคเพิ่มขึ้นตามความถี่ ซึ่งส่งผลต่อรัศมีและความเร็วการพาของอนุภาคอย่างมีนัยสำคัญ

3. ขนาดของวัสดุเม็ดพื้นมีผลต่อรัศมีชั้นการไหล จากผลการทดลองพบว่าเมื่อขนาดเม็ดพื้นเพิ่มขึ้น รัศมีการเคลื่อนที่ของวัตถุบุกรุกก็เพิ่มขึ้นตาม ดังนั้นการเลือกขนาดอนุภาคพื้นสำหรับงานที่ต้องควบคุมการผสม การแยกชั้น หรือการกระจายตัวควรคำนึงถึงขนาดอนุภาคเพื่อให้ได้ผลที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. เพิ่มช่วงความถี่การหมุนหรือทดลองด้วยความเร่งที่ควบคุมได้ (controlled acceleration) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนผ่านของรูปแบบการไหลพา (granular convection) ในแต่ละโหมดของการไหล เช่น จากการไหลแบบไหลเอื่อย (creeping flow) ไปสู่การไหลแบบลดหลั่น (cascading) และท้ายที่สุดเป็นการกระเด็นเป็นวิถีโค้ง (cataracting) การสำรวจช่วงเปลี่ยนผ่านเหล่านี้จะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมการพาของอนุภาคได้ครบถ้วนยิ่งขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบจำลองพลศาสตร์ที่มีความแม่นยำสูงกว่าเดิม

2. ศึกษาผลของรูปทรงภาชนะเพิ่มเติม งานวิจัยนี้ใช้เฉพาะภาชนะที่เป็นทรงกระบอก ในอนาคตสามารถทดลองทำควบคู่กับ ทรงรี (elliptical drum) ทรงสี่เหลี่ยม และทรงกรวย เป็นต้น เพื่อดูผลกระทบของรูปทรงภาชนะต่อรูปแบบเส้นทางการพาของวัสดุเม็ด ซึ่งอาจช่วยอธิบายพฤติกรรมอิทธิพลของผนังภาชนะ (boundary effect) ในระบบหมุนได้ดียิ่งขึ้น

3. ทดลองกับวัสดุเม็ดที่มีคุณสมบัติเฉพาะ เช่น วัสดุมีความหนาแน่นต่างกัน หรือมีการยึดเกาะ (cohesive grains) วัสดุเม็ดบางชนิด เช่น ผงแป้ง ดิน หรือวัสดุที่มีลักษณะชิ้นเล็กน้อย อาจทำให้เกิดพลศาสตร์ที่แตกต่างจากวัสดุเม็ดแข็งทั่วไป การศึกษาวัสดุที่มีค่าการยึดเกาะของวัสดุเม็ดจะช่วยขยายความเข้าใจของการพาของวัสดุเม็ดให้ครอบคลุมระบบจริงในอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องผลของการพาของวัสดุเม็ดภายใต้การไหลโดยระบบการหมุน สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของ คณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ฐิติพงศ์ ไชยมงคล. (2566). *การศึกษามุมมองธรรมชาติทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้ผลการทดลองรูปแบบการไหลของวัสดุเม็ดแห้งและเปียกเพื่อพัฒนาการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน* (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, สำนักหอสมุด.

ทศพล ทุ่งฝนภูมิ. (2566). *การศึกษาพฤติกรรมการไหลหลากของวัสดุเม็ดแห้งและเศษท่อนไม้เมื่อผ่านฝายชะลอน้ำแบบเปิด: การประยุกต์ใช้เพื่อบรรเทาภัยพิบัติดินถล่มและการไหลหลากของดินโคลน* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยพะเยา. ฐานข้อมูลคลังปัญญาดิจิทัล มหาวิทยาลัยพะเยา (UP Digital Collections: UPDC).

พุทธิกร ธัมมรักษ์, ฤทธิพงษ์ บุฝานัน, ปภาวิน กลิ่นจันทร์, สกุลทิพย์ ลิ้มสมบูรณ์, ปรางณภัทร พิทักษ์, ณัฐวุฒิ มณีจันสุข, ธเนศ ทองเดชศรี, และสุริยาวุธ ประอ้าย. (2568). การศึกษาอิทธิพลของรูปร่างวัสดุเม็ดบนกลไกการพัดพาของการไหลจากเศษวัสดุธรณีไหล: การศึกษาเบื้องต้นจากแบบจำลองทางกายภาพ. *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 30*, 30, GTE-50. https://conference.thaince.org/index.php/ncce30/article/view/3769

สกนธ์ คล่องบุญจิต. (2550). *ปรากฏการณ์การเคลื่อนที่วนของวัสดุเมล็ดเล็กภายใต้การสั่นแนวดิ่ง*. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Chen, Y., Zhong, H., Zhang, K., & Chen, M. (2023). Dissipation behavior of granular balls in a rotating closed cylinder. *Granular Matter, 25*(3), 59. https://doi.org/10.1007/s10035-023-01307-9

Goldman, D. I., Shattuck, M. D., Moon, S. J., Swift, J. B., & Swinney, H. L. (2003). Lattice dynamics and melting of a nonequilibrium pattern. *Physical Review Letters, 90*(10), 104302. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.90.104302

Liao, C.-C., & Hsiau, S.-S. (2016). Transport properties and segregation phenomena in vibrating granular beds. *KONA Powder and Particle Journal, 33*, 109–126. https://doi.org/10.14356/kona.2016020

Pol, A., Artoni, R., & Richard, P. (2025). Cohesive granular material in a rotating drum: Flow regimes and size effects. *Journal of Fluid Mechanics, 1006*, A24. https://doi.org/10.1017/jfm.2025.26

Sack, A., & Pöschel, T. (2016). Dissipation of energy by dry granular matter in a rotating cylinder. *Scientific Reports, 6*(1), 26833. https://doi.org/10.1038/srep26833

Seiden, G., & Thomas, P. J. (2011). Complexity, segregation, and pattern formation in rotating-drum flows. *Reviews of Modern Physics, 83*(4), 1323–1365. https://doi.org/10.1103/RevModPhys.83.1323

Sheng, L. T., Chang, W. C., & Hsiau, S. S. (2016). Influence of particle surface roughness on creeping granular motion. *Physical Review E, 94*, 012903. https://doi.org/10.1103/PhysRevE.94.012903

Wang, W., Barés, J., Renouf, M., & Azéma, E. (2024). Steady granular flow in a rotating drum: A theoretical nonlocal model for characterizing stress, velocity, and packing fraction profiles. *Physical Review Research, 6*, 043310. https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.6.043310

Yang, S., Sun, Y., & Chew, J. W. (2018). Simulation of the granular flow of cylindrical particles in the rotating drum. *AIChE Journal, 64*(11), 3835–3848. https://doi.org/10.1002/aic.16234

Zik, O., Levine, D., Lipson, S. G., Shtrikman, S., & Stavans, J. (1994). Rotationally induced segregation of granular materials. *Physical Review Letters, 73*(5), 644–647. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.73.644

การวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศด้วยชุดอุปกรณ์อย่างง่าย

A Simple Apparatus for measuring the specific heat capacity of air

ชาญวิทย์ คำเจริญ[1*]

Chanwit Kamcharean[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์อย่างง่ายในการวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ โดยการประยุกต์ใช้เครื่องเป่าผมร่วมกับ กล่องโมดูลตัวตรวจจับอุณหภูมิของชุดบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ผลจากการวิจัยพบว่า ได้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศเมื่อความดันคงที่จากเครื่องเป่าผมขนาดกำลัง 1000 วัตต์ และ 1600 วัตต์ มีค่าเท่ากับ 1.075 กิโลจูลต่อกิโลกรัม.องศาเซลเซียส และ 1.063 กิโลจูลต่อกิโลกรัม.องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศมาตรฐานมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 6.79 และ 5.87 ตามลำดับ เป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับการสาธิต จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าชุดอุปกรณ์อย่างง่ายนี้มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในการสาธิตประกอบการบรรยายเรื่องค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ

คำสำคัญ: ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ, กล่องโมดูลตัวตรวจจับอุณหภูมิ, เครื่องเป่าผม

Abstract

The objective of this research was to study and design a simple set of equipment for measuring the specific heat capacity of air, by applying a hair dryer in conjunction with a temperature sensor module box from an automatic data logger for science education, supported by the Institute for the Promotion of Science and Technology (IPST). The research results showed that the specific heat capacity of air at constant pressure from a 1000watt and 1600watt hair dryer was equal to 1.075 kJ/kg.^{0}C and 1.063 kJ/kg.^{0}C, respectively. Compared to the standard specific heat capacity of air, the errors were 6.79% and 5.87%, respectively. These values are acceptable for demonstration purposes. This experiment demonstrates that this simple apparatus is suitable for use in lectures demonstration on the topic of specific heat capacity of air.

Keywords: Specific heat capacity of air, Temperature sensor, Electric hair dryer

[1] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author: chanwit_kam@g.cmru.ac.th

บทนำ

อุณหพลศาสตร์ เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพลังงานความร้อนและความสัมพันธ์ของพลังงานความร้อนกับพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งช่วยในการพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างมากและมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะกับทฤษฎีของก๊าซ (Young & Freedman, 2012) ในการจัดการเรียนการสอนในเรื่องอุณหพลศาสตร์เพื่อหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุในสถานะของแข็งและของเหลวนั้นสามารถออกแบบวิธีการวัดได้โดยตรงด้วยทฤษฎีทางอุณหพลศาสตร์ แต่สำหรับอากาศซึ่งอยู่ในสถานะก๊าซนั้นค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนเพราะค่าความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซมีค่าต่ำเมื่อเทียบค่าความจุความร้อนจำเพาะของสิ่งแวดล้อมโดยรอบและเพื่อหลีกเลี่ยงความยากลำบากในการทดลองหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซโดยตรง จึงมีวิธีการหาโดยอ้อมจากอัตราส่วนระหว่างค่าความจุความร้อนจำเพาะเมื่อความดันของก๊าซคงที่ต่อค่าความจุความร้อนจำเพาะเมื่อปริมาตรของก๊าซคงที่ (γ) (Weltner, 1993) จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีการทดลองเพื่อหาค่า γ ด้วยวิธีการหลักสองวิธีคือ 1) การทดลองของ Clement และ Desormes ซึ่งศึกษากระบวนการอะเดียบาติกของระบบก๊าซ ตามมาด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงของก๊าซที่มีปริมาตรคงตัว โดย Hunt (1985) ได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่อง accelerometer ได้ค่า γ = 1.40 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณร้อยละ 3 เนื่องด้วยการทดลองมีความยากลำบากในการควบคุมแอมพลิจูดในการสั่นให้มีค่าน้อยๆ และควบคุมไม่ให้มีความร้อนถ่ายเทเข้าออกระบบก๊าซ Mottmann (1995) ได้พัฒนาการทดลองโดยสร้างชุดการทดลองที่ทำให้ก๊าซมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงแบบอะเดียบาติก ปริมาตรของก๊าซคงตัวและมีการเปลี่ยนแปลงแบบวัฏจักรออตโต ได้ค่า γ = 1.36 และ Velasco, Roman และFaro (1998) ได้ออกแบบชุดทดลองที่มีราคาปานกลางซึ่งประกอบด้วยหลอดฉีดยาขนาดใหญ่ ขวดแก้วที่มีรูสองรูและจุกยางปิด และเครื่องวัดความดันโลหิต ได้ค่า γ = 1.41 ซึ่งการทดลองยังสามารถใช้สาธิตกฎของบอยล์ และช่วยให้มองเห็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงแบบอะเดียบาติกของก๊าซ กระบวนการเปลี่ยนแปลงแบบอุณหภูมิคงตัวได้ง่ายยิ่งขึ้น 2) การทดลองของ Ruchardt ซึ่งอาศัยการสั่นพ้องของเสียงในอากาศ ทำให้เกิดกระบวนการแบบอะเดียบาติกของก๊าซ Smith (1979) ได้สร้างชุดทดลองที่อาศัยสนามแม่เหล็กจากวงจรไฟฟ้ากระแสสลับทำให้ก๊าซเกิดการสั่นพ้อง ได้ค่า γ = 1.36 ซึ่งใช้การสั่นของลูกทรงกลมโลหะในท่อแก้วที่ต่อกับแหล่งให้พลังงานความร้อนการเปลี่ยนแปลงของความดันและปริมาตรของก๊าซเป็นแบบอะเดียบาติก แล้วหาคาบของการสั่นของลูกทรงกลมโลหะได้ค่า γ = 1.42 ซึ่งการทดลองนี้ยังสามารถแสดงให้เห็นการเคลื่อนที่แบบสั่นแกว่งอย่างง่ายได้อีกด้วย Deacon and Whitehead (1992) และ Seven and Steffensen (2001) ได้นำเอาเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์มาวัดความดันที่เปลี่ยนแปลงไปโดยแสดงผลเป็นกราฟ คำนวณหาคาบการเปลี่ยนแปลงความดันได้จากกราฟ นำไปคำนวณได้ค่า γ = 1.41

นอกจากนี้แล้วยังมีงานวิจัยที่ศึกษาวิธีการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศเมื่อความดันคงที่ได้โดยตรงเช่น Collins and Van Wylen (1995) ใช้ กล่องอะเดียบาติกแคลอรีมิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ในการศึกษาการเปลี่ยนรูปของพลังงานศักย์กับเอนทาลปีของอากาศ การทดลองต้องระมัดระวังเรื่องการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่อากาศภายในของกล่องอะเดียบาติกแคลอรีมิเตอร์และยังต้องควบคุมให้ผนังด้านในของกล่องอะเดียบาติกแคลอรีมิเตอร์มีอุณหภูมิเท่ากับอากาศภายใน ซึ่งการทดลองนี้ต้องใช้อุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิที่มีความละเอียดและแม่นยำ Weltner (1993) ได้ประยุกต์ใช้เครื่องเป่าผมในการให้ความร้อนกับอากาศแล้ววัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของอากาศแล้วนำมาหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ Wang Y. and Wang P. (2020) ได้สร้างอุปกรณ์สำหรับวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ โดยใช้ Specific heat meter ให้ความร้อนกับอากาศแล้วผ่านอากาศไปวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป แล้วนำไปคำนวณหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ อย่างไรก็ตามการทดลองหาค่าความจุความร้อนจำเพาะด้วยวิธีดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์และเครื่องมือที่มีความซับซ้อนใน

การติดตั้ง มีราคาค่อนข้างสูงและต้องอาศัยผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในการทดลอง อีกทั้งยังเป็นเรื่องที่ทำความเข้าใจค่อนข้างยากในการวิเคราะห์ผลและมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดเนื่องจากไม่สามารถควบคุมอัตราการดูดกลืนความร้อนของอากาศและอัตราการระเหยของไอน้ำในอากาศได้ในระหว่างทดลอง (Wang Y. & Wang P., 2020)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ร่วมกับ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และบริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด ได้จัดทำอุปกรณ์จัดการข้อมูลคือ IPST DataScience ขึ้น โดยเป็นอุปกรณ์จัดการข้อมูลสำหรับการศึกษาวิทยาศาสตร์ซึ่งแต่เดิมการทดลองและการเก็บข้อมูลจากการวัดปริมาณต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ผู้ทดลองจะต้องวัดและจดบันทึกด้วยตัวเองแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลวิเคราะห์ผล ซึ่งถ้าหากข้อมูลมีปริมาณมาก หรือต้องการเก็บข้อมูลหลายๆ ครั้งในเวลาต่างๆ อาจทำให้ไม่สะดวกในการเก็บและจดบันทึกข้อมูล อุปกรณ์ IPST DataScience ที่สร้างขึ้นนี้ใช้เก็บและบันทึกข้อมูลภายใต้เงื่อนไขและเวลาที่ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้ อีกทั้งยังสามารถแสดงผลจากการวัดด้วยกราฟแบบเรียลไทม์ ผ่านจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้สามารถนำอุปกรณ์นี้ไปออกแบบการทดลองหรือนำไปออกแบบการจัดการเรียนการสอนได้ อีกทั้งอุปกรณ์ที่ทั้งสามหน่วยงานร่วมมือกันผลิตนี้ยังมีราคาถูกลงกว่าอุปกรณ์ในท้องตลาดเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ในระยะแรกของการสร้างอุปกรณ์ สสวท.ยังได้ให้การสนับสนุนชุดอุปกรณ์ดังกล่าว กับทางโรงเรียนมัธยมและมหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์อย่างง่าย โดยการประยุกต์ใช้เครื่องเป่าผมร่วมกับ กล่องโมดูลตัวตรวจจับอุณหภูมิของชุดบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการสนับสนุนจาก สสวท. ในการวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการสาธิตประกอบการบรรยายเรื่องค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

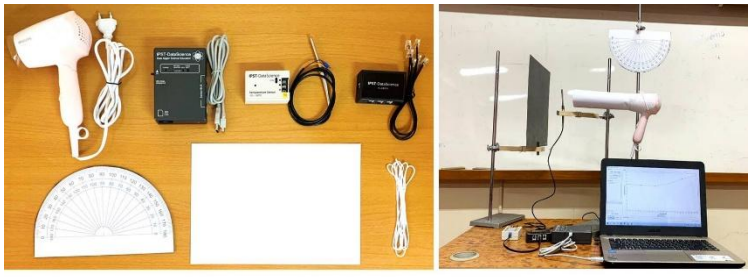
เพื่อศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์อย่างง่ายในการวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ โดยการประยุกต์ใช้เครื่องเป่าผมร่วมกับ กล่องโมดูลตัวตรวจจับอุณหภูมิของชุดบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์

วิธีวิทยาการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักได้แก่

1. การศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์การทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ได้ออกแบบจากเครื่องเป่าผมและตัวตรวจจับอุณหภูมิที่ได้รับการสนับสนุนจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่วนประกอบทั้งหมดแสดงดังในภาพที่ 1



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) อุปกรณ์การทดลอง (ข) ภาพถ่ายชุดการทดลอง

ส่วนประกอบของชุดการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

(1) เครื่องเป่าผม เป็นอุปกรณ์สำหรับให้ความร้อนแก่อากาศ โดยการทดลองนี้ใช้เครื่องเป่าผมยี่ห้อ Panasonic ขนาดกำลัง 1000 วัตต์และ 1600 วัตต์

(2) กล่องโมดูลของชุดบันทึกข้อมูลอัตโนมัติสำหรับประมวลผล บันทึกข้อมูลโดยเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลการวัดอุณหภูมิแบบเรียลไทม์

(3) ตัวตรวจจับอุณหภูมิ ใช้สำหรับบันทึกอุณหภูมิของอากาศที่ได้รับพลังงานความร้อนจากเครื่องเป่าผม

(4) กล่องพ่วงสัญญาณ ใช้สำหรับเชื่อมต่อตัวตรวจจับอุณหภูมิกับกล่องโมดูลของชุดบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

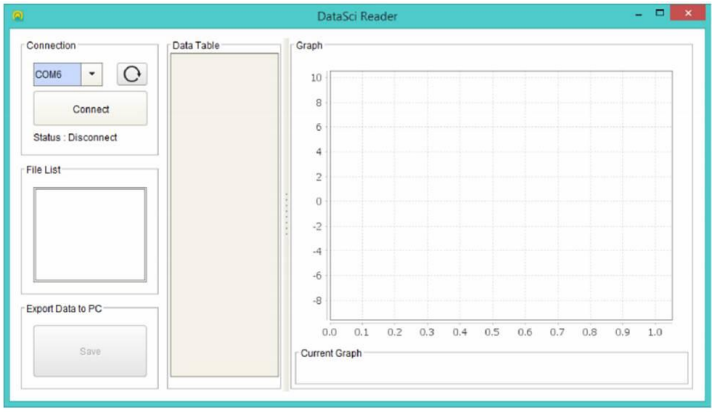
(5) แผ่นวัดมุมครึ่งวงกลม ใช้ในการวัดมุมของเส้นเชือกที่ผูกกับเครื่องเป่าผมที่เบนไปจากแนวดิ่งเพื่อนำไปหาแรงปฏิกิริยาของแรงลมที่เป่าออกมาจากเครื่องเป่าผม

(6) กระดาษขนาด 21×29.7 เซนติเมตร (ขนาด A4) สำหรับพันเป็นรูปทรงกระบอกครอบเครื่องเป่าผม เพื่อใช้คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของลำอากาศที่เคลื่อนที่ออกมาจากเครื่องเป่าผมและให้ลำอากาศเคลื่อนที่ไปทางเดียวกันตลอด

(7) เส้นเชือกสำหรับผูกเครื่องเป่าผมกับขาตั้งให้แขวนในแนวดิ่งและขณะเปิดเครื่องเพื่อให้ความร้อนกับอากาศ เส้นเชือกจะทำมุมกับแนวดิ่งเนื่องจากแรงปฏิกิริยาของลมที่เป่าออกมาจากเครื่องเป่าผม

(8) คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลการวัดอุณหภูมิของอากาศที่เคลื่อนที่ออกมาจากเครื่องเป่าผมโดยต้องติดตั้งโปรแกรม Data Sci Monitoring สำหรับใช้แสดงและบันทึกผลของอุณหภูมิที่วัดได้จากตัวตรวจจับอุณหภูมิซึ่งสามารถศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรมและติดตั้งโปรแกรมได้จาก QR-code ดังแสดงในภาพที่ 2

https://qrgo.page.link/CG5F3



(ก) (ข)

ภาพที่ 2 (ก) QR- code สำหรับติดตั้งและใช้งานโปรแกรม (ข) โปรแกรม DataSci Monitoring

2. วิธีทำการทดลอง

(1) นำกระดาษ A4 ที่เตรียมไว้มาพันรอบเครื่องเป่าผมขนาด 1000 วัตต์ เป็นรูปทรงกระบอก ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่ของลำอากาศที่เคลื่อนที่ออกมาจากเครื่องเป่าผมดังแสดงในภาพที่ 3 พร้อมทั้งชั่งมวลของเครื่องเป่าผม (M) เพื่อนำไปคำนวณหาขนาดของแรงปฏิกิริยา



ภาพที่ 3 กระดาษ A4 รูปทรงกระบอกสำหรับหาค่าปริมาตรอากาศ

(2) ผูกเชือกกับเครื่องเป่าผมเข้ากับขาตั้งที่มีแผนวัดมุมครึ่งวงกลมติดอยู่สำหรับวัดมุมที่เส้นเชือกทำกับแนวดิ่ง ขณะเปิดเครื่องเป่าผม

(3) เชื่อมต่อกล่องโมดูลของชุดบันทึกข้อมูล กล่องพ่วงสัญญาณ และตัวตรวจจับอุณหภูมิเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศที่วัดได้ แสดงผลการวัดแบบเรียลไทม์บนหน้าจอคอมพิวเตอร์

(4) วัดอุณหภูมิของอากาศก่อนเปิดการทำงานของเครื่องเป่าผม บันทึกค่าอุณหภูมิเป็น t_i

(5) เปิดเครื่องเป่าผมเป็นเวลา 30 วินาที บันทึกค่าอุณหภูมิเป็น t_f พร้อมทั้งบันทึกขนาดของมุมที่เส้นเชือกทำกับแนวดิ่งเพื่อนำไปคำนวณหาขนาดของแรงปฏิกิริยา แล้วปิดการทำงานของเครื่องเป่าผม

(6) ทำการทดลองขั้นตอนที่ (4) – (5) ซ้ำจำนวน 50 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยโดยแต่ละครั้งเว้นช่วงระยะเวลาประมาณ 10 วินาทีเพื่อให้อุณหภูมิของอากาศลดลงเท่ากับอุณหภูมิ t_i

(7) ทำการทดลองขั้นตอนที่ (1) – (6) ซ้ำโดยการเปลี่ยนเครื่องเป่าผมให้มีขนาด 1600 วัตต์

3. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

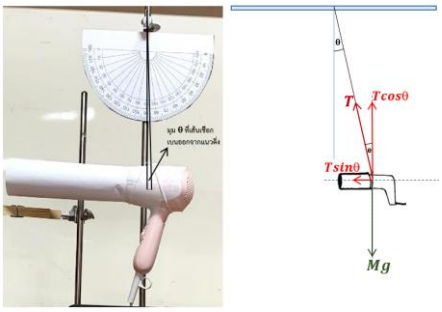
(1) คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของลำอากาศจากสมการที่ (1)

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \qquad (1)$$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอกกระดาษที่ครอบเครื่องเป่าผม

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอกกระดาษ

(2) คำนวณหาขนาดของแรงปฏิกิริยาของเครื่องเป่าผมจากมุมที่เส้นเชือกเบนไปจากแนวดิ่งขณะเปิดเครื่องเป่าผม ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 มุมของเส้นเชือกที่ผูกกับเครื่องเป่าผมเบนทำมุมกับแนวดิ่ง

จากภาพที่ 4 แรงตึงในเส้นเชือกซึ่งเอียงทำมุม θ กับแนวดิ่ง พิจารณาส่วนประกอบของแรงตึงในเส้นเชือกตามแนวดิ่งและเครื่องเป่าผมอยู่ในสภาวะสมดุล ได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2)

$$Tcos\theta = Mg \tag{2}$$

และพิจารณาแรงที่กระทำต่อเครื่องเป่าผมในแนวระดับจะได้ว่า ขนาดของแรง $Tsin\theta$ อยู่ในสภาวะสมดุลกับขนาดของแรงปฏิกิริยา (F) ดังสมการที่ (3)

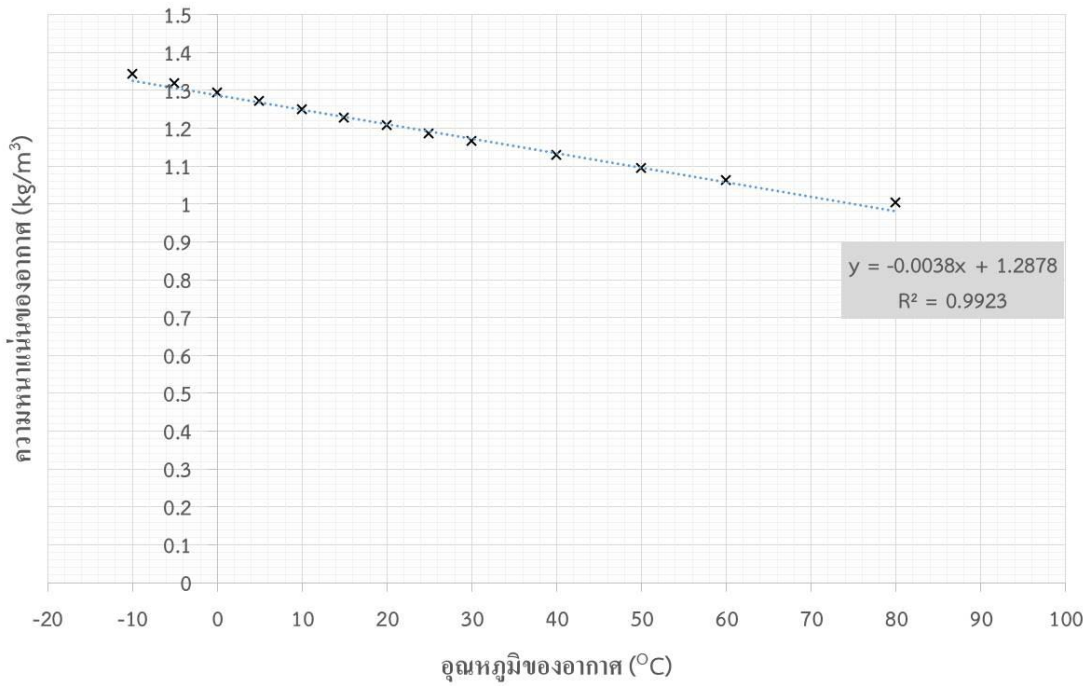
$$Tsin\theta = F \tag{3}$$

จากสมการที่ (2) และสมการที่ (3) ได้ว่า

$$F = Mgtan\theta \tag{4}$$

โดยสมการที่ (4) แสดงขนาดของแรงปฏิกิริยาของเครื่องเป่าผมขณะเส้นเชือกเอียงทำมุม θ กับแนวดิ่งและ g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าประมาณ 9.8 m/s^2

(3) หาค่าความหนาแน่นของอากาศจากสมการเส้นตรงที่สร้างจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นของอากาศที่ความดันคงที่ขณะทำการทดลองโดยสมการความสัมพันธ์ระหว่างดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นของอากาศ (Engineering ToolBox, 2003)

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของมวลอากาศภายในทรงกระบอกซึ่งได้รับความร้อนจากเครื่องเป่าผม มวลอากาศเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนมีความเร็วคงที่ (v) เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันดังสมการที่ (5)

$$F = ma = m\frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(mv)$$

$$F = m\frac{dv}{dt} + v\frac{dm}{dt}$$ เมื่อความเร็วคงที่ได้ว่า $\frac{dv}{dt} = 0$ ดังนั้น

$$F = \frac{dm}{dt}v = \dot{m}v \tag{5}$$

เมื่อ $\dot{m}$ คือ มวลของอากาศที่เคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และพิจารณาขนาดของมวลอากาศ (m) ที่มีความหนาแน่น (ρ) และปริมาตร (V) จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (6)

$$m = \rho V = \rho AL \tag{6}$$

โดย A คือพื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอกและ L คือความยาวของทรงกระบอก เมื่อพิจารณามวลอากาศที่เคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะได้ว่า

$$\dot{m} = \rho A\dot{L} = \rho Av \tag{7}$$

เมื่อ $\dot{L}$ คือ อัตราเร็วของมวลอากาศที่เคลื่อนที่ในทรงกระบอก และจากสมการที่ (5) และสมการที่ (7) ได้ว่า

$$\dot{m} = \sqrt{F.\rho A} \tag{8}$$

เมื่อพิจารณาความร้อน (Q) ที่ทำให้อากาศมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก t_i เป็น t_f จะได้ว่า

$$Q = mc_p(t_f - t_i) \tag{9}$$

เมื่อ c_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ และความร้อนจากเครื่องเป่าผมที่มีกำลังไฟฟ้า (p) เปิดเป็นเวลา (t) ได้ว่า

$$c_p = \frac{pt}{m(t_f - t_i)}$$
$$c_p = \frac{p}{\dot{m}(t_f - t_i)} \tag{10}$$

จากสมการที่ (8) และ (10) ได้ว่า

$$c_p = \frac{p}{\sqrt{F.\rho A}\,(t_f - t_i)} \tag{11}$$

ซึ่งสมการที่ (11) เป็นสมการสำหรับหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่สำหรับการทดลองนี้

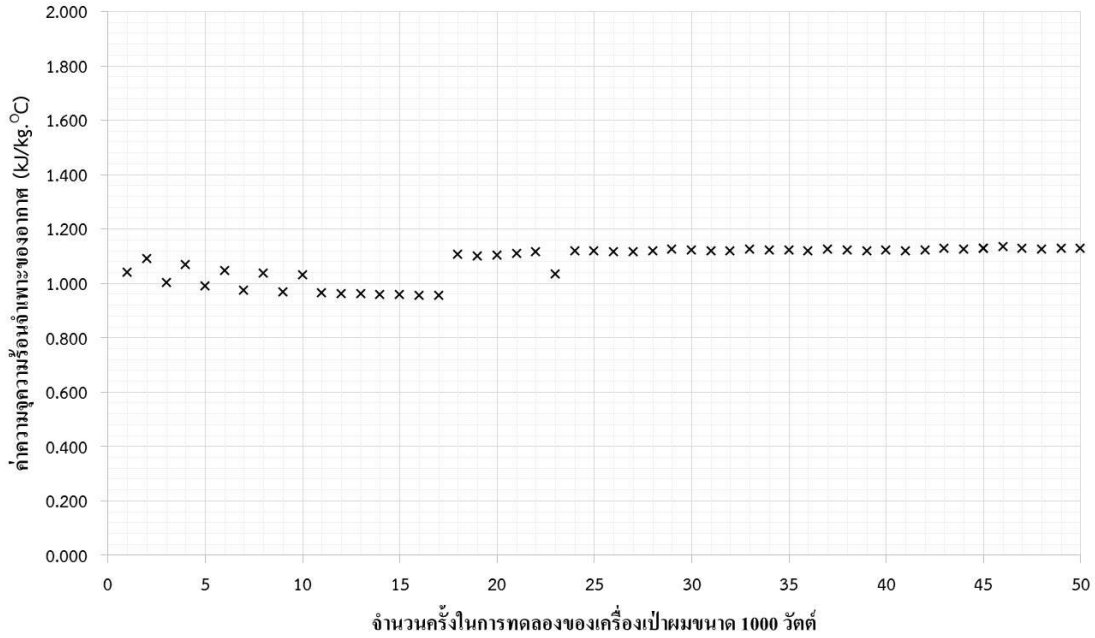
ผลการศึกษา

ผลจากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอก การคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอก การชั่งมวล และคำนวณหาน้ำหนักของเครื่องเป่าผมขนาด 1000 วัตต์และ 1600 วัตต์ ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

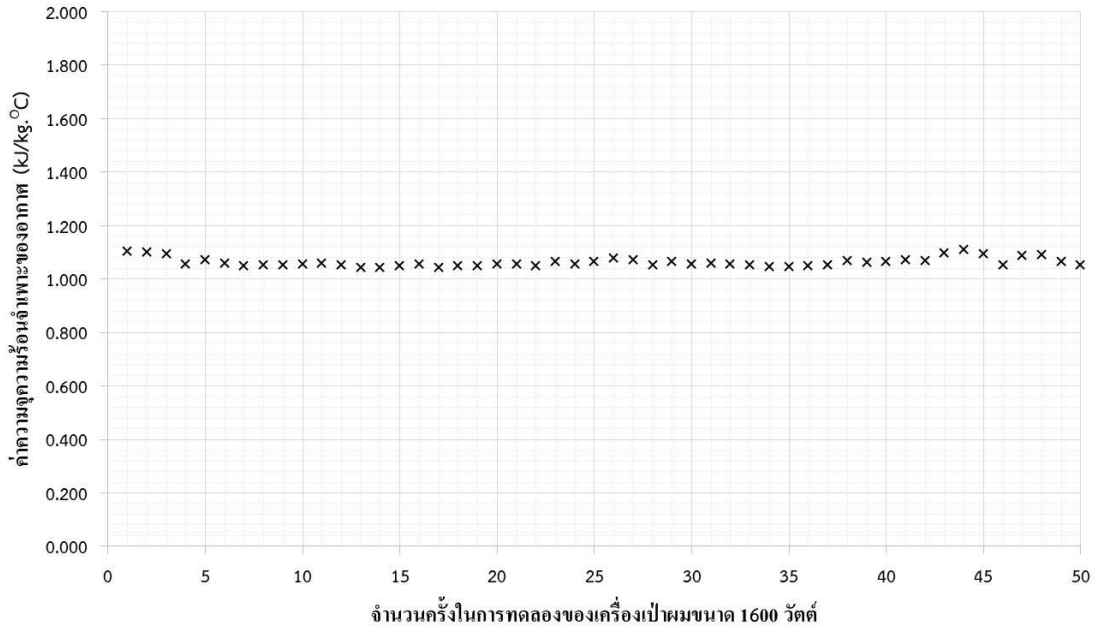
ตารางที่ 1 ข้อมูลการทดลองจากเครื่องเป่าผม

กำลังเครื่องเป่าผม: p (watt)	มวล: M (kg)	น้ำหนัก: Mg (N)	เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอก: D (m)	พื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอกที่ครอบเครื่องเป่าผม: A (m^2)
1000	0.281	2.754	5.50×10^{-2}	23.75×10^{-4}
1600	0.525	5.145	5.80×10^{-2}	26.42×10^{-4}

ผลจากการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของอากาศขณะทำการทดลองจากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟในรูปที่ 5 ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ (c_p) จากสมการที่ (11) และ ข้อมูลจากตารางที่ 1 จำนวนทั้งหมด 50 ครั้ง แสดงผลดังกราฟในภาพที่ 6 และภาพที่ 7



ภาพที่ 6 ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ c_p ที่ความดันคงที่ของเครื่องเป่าผม 1000 วัตต์



ภาพที่ 7 ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ c_p ที่ความดันคงที่ของเครื่องเป่าผม 1600 วัตต์

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการทดลองหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ (c_p) จำนวน 50 ครั้งพบว่า ค่าที่ได้แต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่เฉลี่ยจากเครื่องเป่าผมขนาด 1000 วัตต์และ 1600 วัตต์เท่ากับ 1.075 kJ/kg.^{o}C และ 1.063 kJ/kg.^{o}C ตามลำดับซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัย

จากงานนวิจัยอื่น ๆ และค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่มาตรฐาน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่จากผลการวิจัยกับค่ามาตรฐาน

ที่มา	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ (c_p) (kJ/kg.^{o}C)	ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน
ค่ามาตรฐาน (Keenan, Chao, & Kaye, 1983)	1.004	-
งานวิจัยของ Klaus Weltner (Weltner, 1993)	1.005	0.09
งานวิจัยของ S.C. Collins และ G.J. Van Wylan (Collins & Van Wylen, 1955)	1.012	0.79
งานวิจัยของ Yarong Wang และ Peirong Wang (Wang Y. & Wang P., 2020)	1.005	0.09
	1.008	0.39
	1.014	0.99
ผลการวิจัยจากเครื่องเป่าผม 1000 วัตต์	1.075	6.79
ผลการวิจัยจากเครื่องเป่าผม 1600 วัตต์	1.063	5.87

จากตารางเปรียบเทียบค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ (c_p) จากผลการวิจัยกับค่ามาตรฐานจะเห็นว่าได้ค่าที่มีความใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่า เครื่องเป่าผมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเป็นอุปกรณ์อย่างง่ายสำหรับวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ ร่วมกับ กล่องโมดูลตัวตรวจจับอุณหภูมิ แทนการใช้เครื่องมือที่มีความซับซ้อน สามารถหาค่าความจุความร้อนเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานในระดับที่ยอมรับได้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการประกอบการเรียนการสอน โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประกอบการบรรยายเรื่องค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศได้

ข้อเสนอแนะ

(1) การผูกเส้นเชือกเข้ากับเครื่องเป่าผมต้องผูกให้เครื่องเป่าผมวางตัวอยู่ในแนวระดับและต้องผูกให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องเป่าผมเกิดการสั่นขณะเปิดเครื่องเพื่อให้ความร้อนแก่อากาศ

(2) ควรมีการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องเป่าผมขณะใช้งาน และผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องเป่าผมมีค่าคลาดเคลื่อนจากที่ระบุไว้บนเครื่องเป่าผม

(3) การทำวิจัยในครั้งนี้ใช้ผลต่างของอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-70 องศาเซลเซียส สำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไปอาจทำในช่วงอุณหภูมิอื่นและใช้เครื่องเป่าผมหลากหลายขนาดมากขึ้นเพื่อที่จะได้เปรียบเทียบที่ช่วงอุณหภูมิต่างๆ กัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุน วัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Collins, S.C., & Van Wylen, G.J. (1995) .New Approach to the Measurement of the Specific Heat of Gases. **The Review of Scientific Instruments. 2(6)**, 601–602.

Deacon, C.G., & Whitehead J.P. (1992). Determining of the ratio of the principal specific heats for air. **American Journal of Physics. 60(9),** 859–860.

Engineering ToolBox. (2003). Air – Density, Specific Weight and Thermal Expansion Coefficient at Varying Temperature and Constant Pressures. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/air–density–specific–weight–d_600.html [Accessed 2 October 2025].

Hunt, J.L. (1985) .Accurate experiment for measuring the ratio of specific heats of gases using an accelerometer. **American Journal of Physics. 53(7)**, 696–697.

Keenan, J.H., Chao, J., & Kaye, J. (1983). Gas tables: International version thermodynamics properties of air products of combustion and component gases compressible flow functions. New York, United State of America: Wiley Publisher.

Mottmann, J. (1995) .Laboratory experiment for the ratio of specific heats of air. **American Journal of Physics. 63(3)**, 259–260.

Severn, G.D., & Steffensen, T. (2001) .A simple extension of Ruchardt's method for measuring the ratio of specific heats of air using microcomputer–based laboratory sensors. **American Journal of Physics. 69(3)**, 387–389.

Smith, D.G. (1979). Simple C_p/C_v resonance apparatus suitable for the physics teaching laboratory. **American Journal of Physics. 47(7)**, 593–596.

Velasco, S., Roman, F.L., & Faro, J. (1998) .A simple experiment for measuring the adiabatic coefficient of air. **American Journal of Physics. 66(7)**, 642–643.

Wang, Y., & Wang, P. (2020) .Analysis on the determination of specific heat of air at constant pressure. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 474, 052021.

Weltner, K. (1993). Measurement of specific heat capacity of air. **American Journal of Physics. 61(7)**, 661–662.

Young, H.D., & Freedman R.A. (2012) . University Physics with Modern Physics. San Francisco, United State of America: Pearson Publisher.

การพัฒนาโปรไฟล์ล้อรถไฟเพื่อเพิ่มเสถียรภาพการวิ่งและลดความเสี่ยงการตกราง ด้วยการวิเคราะห์แรงด้านข้าง แรงแนวดิ่งเชิงพลศาสตร์ด้วยการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว

Development of a railway wheel profile for improved stability and derailment risk reduction using dynamic lateral–vertical force analysis with Fast Fourier Transform (FFT)

พิตินันท์ วสันตเสนานนท์[1*] พงษ์ศักดิ์ รุนกระโทก[1] กัมปนาท ถ่ายสูงเนิน[1] ชานนท์ บุนนท์[1] และ ดนุพร ธรรมพิทักษ์[1]

Pitinun Vasantasananont[1*], Phongsak Runkratok[1], Kampanart Taysungnoeng[1], Chanon Bunon[1] and Danuporn Thampithak[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งวิเคราะห์พฤติกรรมแรงด้านข้าง (FL) และแรงในแนวดิ่ง (FN) ของระบบล้อ–ราง เพื่อประเมินเสถียรภาพการวิ่งของโปรไฟล์ล้อรถไฟและลดความเสี่ยงการตกราง โดยทำการทดลอง 5 รูปแบบโปรไฟล์ล้อบนเครื่องทดสอบแบบทวินดิสก์ (Twin Disk) ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ภายใต้แรงกดเพลา 30 กิโลกรัม จากนั้นนำสัญญาณแรงที่ได้มาวิเคราะห์ทั้งในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ด้วยเทคนิค Fast Fourier Transform (FFT) เพื่อระบุความถี่หลักและลักษณะการสั่นสะเทือนที่สัมพันธ์กับเสถียรภาพของระบบ ผลการทดลองพบว่าโปรไฟล์ล้อการทดลองที่ 3 มีแอมพลิจูดแรง FL และ FN ต่ำที่สุด และมีความถี่หลักเพียงค่าเดียวที่ 0.105 Hz ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมการสั่นแบบ quasi-static ที่มีเสถียรภาพสูงและมีแนวโน้มเกิด lateral hunting ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับโปรไฟล์อื่นข้อมูลแรง FN จากโปรไฟล์ที่ 3 ถูกนำไปใช้เป็นแรงกระตุ้นของระบบมวล–สปริง–แดมเปอร์แบบ 1 องศาอิสระ (1-DOF) เพื่อหา parameter ที่ลดการสั่นสะเทือนในแนวดิ่งอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการจำลองพบว่าค่าความแข็งของสปริงและค่าการหน่วงที่เหมาะสมคือ $k \approx 3.2\times10^{4}$ N/m และ $c \approx 200$ Ns/m ซึ่งให้ค่าความเร่ง RMS ต่ำกว่า 0.04 m/s² ต่ำกว่ามาตรฐานความสบายในการโดยสารของ ISO 2631-1 และ EN 12299/UIC 513 อย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนว่าสามารถเพิ่มเสถียรภาพเชิงพลศาสตร์และลดแรงสั่นสะเทือนได้อย่างมีประสิทธิผลอย่างไรก็ตาม การออกแบบนี้ใช้มวลสมมติ 30 กิโลกรัมเพื่อพิสูจน์แนวคิดเบื้องต้น (Proof-of-Concept) หากต้องการประยุกต์ใช้ในรถไฟต้นแบบขนาด 1 ฟุตสำหรับการแข่งขัน TRRN Railway Challenge 2026 จำเป็นต้องปรับมวลจำลองให้สอดคล้องกับน้ำหนักกดเพลาจริงของรถต้นแบบ เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์สปริง–แดมเปอร์มีความแม่นยำและรองรับสภาวะการใช้งานจริงได้อย่างปลอดภัย

คำสำคัญ: โปรไฟล์ล้อรถไฟ, แรงด้านข้าง–แรงแนวดิ่ง, FFT, เสถียรภาพล้อ–ราง, ระบบสปริง–แดมเปอร์

[1] วิทยาลัยนวัตกรรมวิชาชีพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] College of Innovative Skills, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000

*Corresponding author: pitinun_mc@hotmail.com

Abstract

This study investigates the dynamic lateral–vertical force behavior of the wheel–rail interaction to evaluate running stability and reduce derailment risk through the analysis of five railway wheel profile configurations. Experiments were conducted using a twin–disk test rig operating at 200 rpm under a vertical load of 30 kg. The measured lateral force (FL) and vertical force (FN) signals were analyzed in both the time domain and frequency domain using the Fast Fourier Transform (FFT) to identify dominant frequencies and vibration characteristics associated with system stability. Results indicate that Wheel Profile No. 3 exhibits the most stable behavior, with the lowest amplitude of FL and FN and a single dominant frequency at 0.105 Hz, representing quasi–static oscillation with minimal risk of lateral hunting. The FN signal from Experiment No. 3 was subsequently applied as the forcing input to a 1–DOF mass–spring–damper model to determine optimal suspension parameters for vertical vibration reduction. The simulation revealed that a spring stiffness of approximately $k \approx 3.2\times10^4$ N/m and a damping coefficient of $c \approx 200$ Ns/m effectively minimized vertical vibration, yielding an RMS acceleration below 0.04 m/s². This value is significantly lower than the comfort thresholds specified in ISO 2631–1 and EN 12299/UIC 513, indicating excellent ride comfort performance. This study serves as a proof–of–concept using a simplified 30–kg mass model. For practical application to a 1–ft gauge prototype in the TRRN Railway Challenge 2026, the equivalent mass should be scaled to the actual axle load to ensure that the derived suspension parameters accurately reflect real operating conditions.

Keywords: Wheel profile, Lateral–vertical forces, FFT, Wheel–rail dynamics, Spring–damper design

บทนำ

ปัญหาการตกรางของรถไฟเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของการเดินรถและความต่อเนื่องของการให้บริการในระบบราง ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการตกรางมีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับทั้งโครงสร้างล้อ–ราง สภาพทางกายภาพของทางรถไฟ และพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของระบบ (กรมการขนส่งทางราง, 2565) โดยเฉพาะในบริเวณที่มีโครงสร้างรางซับซ้อน เช่น ทางโค้งและประแจ ซึ่งมักพบการเกิดแรงด้านข้างสูงและแรงในแนวดิ่งลดลง จนทำให้รถไฟสูญเสียเสถียรภาพขณะวิ่งจากแนวคิดทางกลศาสตร์ของ Nadal (1908) ได้ระบุว่าการตกรางเกิดขึ้นเมื่ออัตราส่วนระหว่างแรงด้านข้าง (Lateral Force: FL) ต่อแรงในแนวดิ่ง (Normal Force: FN) สูงกว่าค่าขีดจำกัด ส่งผลให้ล้อมีแนวโน้มปีนขึ้นบนราง ขณะที่งานของ Shabana et al. (2008) และ Wu และ Thompson (2020) อธิบายว่าความไม่สมดุลของแรงดังกล่าวสัมพันธ์กับรูปทรงโปรไฟล์ล้อ ความไม่เรียบของพื้นผิวราง ความเร็วในการวิ่ง และภาระโหลดที่ไม่สมดุล ปัจจัยเหล่านี้จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบล้อ–รางเกิดแรงกระทำในแนวข้างมากกว่าปกติ

รูปทรงเรขาคณิตของโปรไฟล์ล้อ เช่น มุมลาดของหน้ายาง (tread taper) ความเว้า (hollow) และรัศมีขอบล้อ (flange radius) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่กำหนดลักษณะของการสัมผัสระหว่างล้อและราง งานวิจัยของ Chen et al. (2018) และ Liu et al. (2021) พบว่าค่ามุมลาดและความเว้าที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ล้อเกิดการเคลื่อนที่แบบสั่นเชิงข้าง (snake motion) ซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของแรงด้านข้างและแรงแนวดิ่งที่สั่นสะเทือนร่วมกัน (coupling vibration) ส่งผลให้เสถียรภาพการวิ่งลดลง การวิเคราะห์แรง FL และ FN ในเชิงพลศาสตร์จึงเป็นวิธีสำคัญในการทำความเข้าใจพฤติกรรมการสั่นของระบบล้อ–ราง การใช้เทคนิคการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT) สามารถระบุความถี่หลัก

ของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน ซึ่งช่วยประเมินเสถียรภาพและแนวโน้มการตกรางของโปรไฟล์ล้อแต่ละรูปแบบ (Wang et al., 2019)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมแรงด้านข้างและแรงในแนวดิ่งในระบบล้อ–รางของรถไฟโดยการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ด้วย FFT เพื่อให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแรงสั่นสะเทือนและแนวโน้มการตกราง อันจะนำไปสู่การออกแบบโปรไฟล์ล้อที่เหมาะสมและสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนบำรุงรักษาเชิงวิศวกรรม โดยเฉพาะในการกำหนดเกณฑ์การกลึงล้อใหม่ (Wheel Re–Profiling) เพื่อยืดอายุการใช้งานและรักษาเสถียรภาพของระบบรางในระยะยาว

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

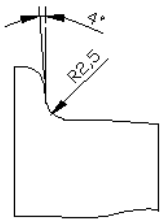
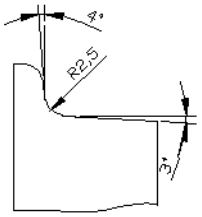
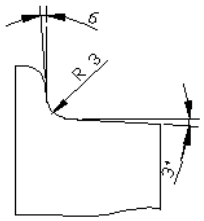
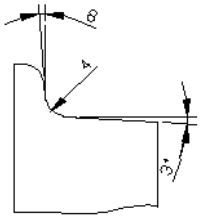
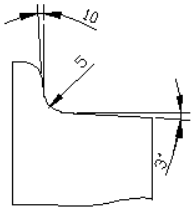
1. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแรงด้านข้างและแรงในแนวดิ่งของระบบล้อ–ราง โดยเฉพาะอิทธิพลของรูปทรงโปรไฟล์ล้อ เช่น มุมลาดของหน้ายาง ความเว้า และรัศมีขอบล้อ
2. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการสั่นสะเทือนของแรง FL และ FN จากการทดลองในโดเมนเวลาและความถี่ โดยใช้การแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT)
3. เพื่อระบุความถี่หลักของการสั่นสะเทือน (dominant frequency) ที่มีผลต่อเสถียรภาพการวิ่งของรถไฟ และประเมินอัตราส่วนแรง FL/FN ตามเกณฑ์ความปลอดภัยของ Nadal
4. เพื่อศึกษาพฤติกรรมเชิงพลศาสตร์ของแรง FL–FN ที่สัมพันธ์กับการสั่นสะเทือนของระบบล้อ–ราง และนำผลที่ได้ไปสู่หลักการออกแบบระบบรองรับน้ำหนักและการควบคุมการสั่นสะเทือนของช่วงล่างรถไฟ (Suspension System Design) เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและลดโอกาสการตกราง

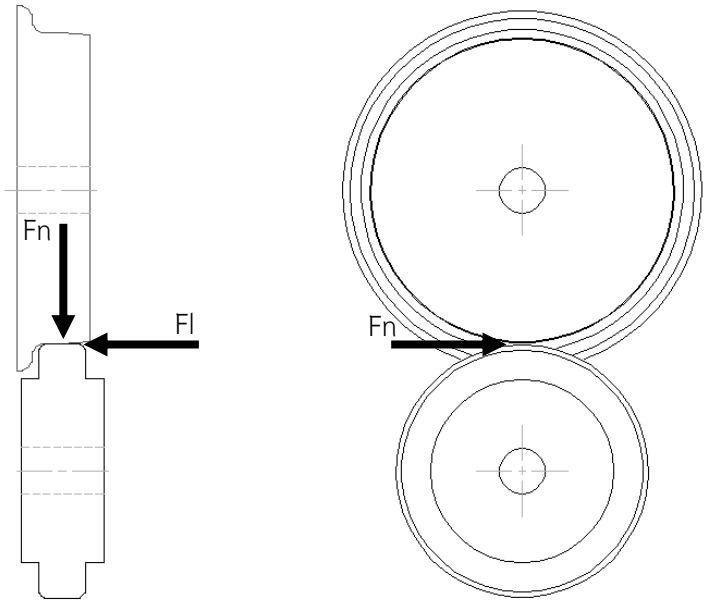
วิธีวิทยาการวิจัย

การออกแบบการทดลอง

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษารูปทรงทางเรขาคณิตร์ของล้อรถไฟ (โปรไฟล์ล้อรถไฟ) บริเวณบริเวณที่มีความสำคัญต่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างล้อและราง คือ มุมความลาดของพื้นล้อ (Tread Taper) มุมบังใบ (Flange Angle) และ รัศมีบังใบ (Flange Radius) ดังตารางที่ 1 ซึ่งได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างล้อและรางรถไฟเพื่อนำไปสู่การออกแบบโปรไฟล์ล้อรถไฟที่เหมาะสมต่อไปซึ่งในการทดลองนี้จะทำการทดสอบบนเครื่องทดสอบแบบทวินดิสก์ (Twin Disk Test Ring) ทำการวัดค่าแรงด้านข้าง แรงในแนวดิ่ง และแรงฉุดรากดังแผนภาพ รูปที่ 1 โดยใช้โหลดเซลขนาด 5 kN และเครื่องบันทึกข้อมูลยี่ห้อ Agilent 34972A เพื่อเป็นเครื่องมือในการวัดค่าแรงด้านข้าง

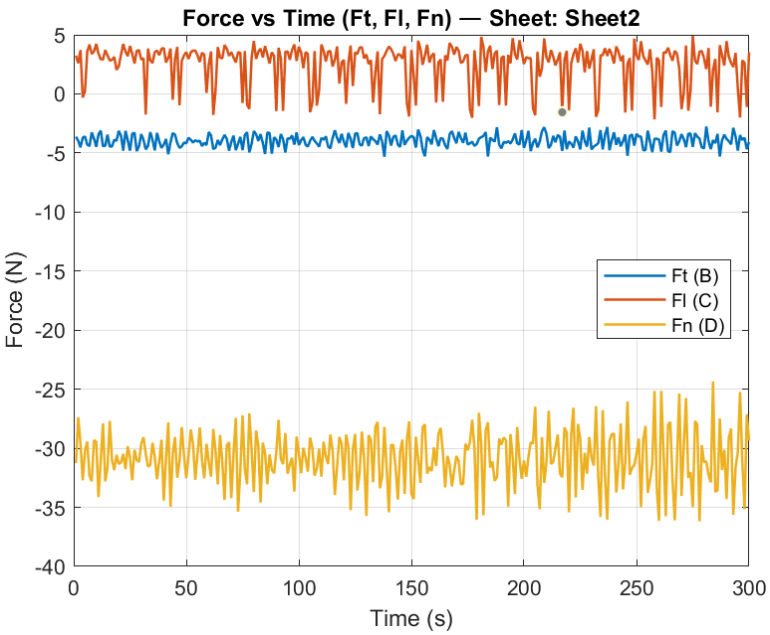
ตารางที่ 1 ตารางการออกแบบการทดลอง

การทดลอง	รายละเอียดตำแหน่งการทดลอง	รายละเอียดการทดลอง
การทดลองที่ 1		Tread Taper : 0 องศา Flange Angle : 4 องศา Flange Radius : 2.5 มิลลิเมตร
การทดลองที่ 2		Tread Taper : 3 องศา Flange Angle : 4 องศา Flange Radius : 2.5 มิลลิเมตร
การทดลองที่ 3		Tread Taper : 3 องศา Flange Angle : 6 องศา Flange Radius : 3 มิลลิเมตร
การทดลองที่ 4		Tread Taper : 3 องศา Flange Angle : 8 องศา Flange Radius : 4 มิลลิเมตร
การทดลองที่ 5		Tread Taper : 3 องศา Flange Angle : 10 องศา Flange Radius : 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 แผนภาพของการทดลองแรงปฏิสัมพันธ์ของล้อและรางรถไฟ

ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที หรือเท่ากับ 75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แรง Fn ที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 30 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 294 นิวตัน ซึ่งเป็นแรงที่กำหนดไว้ในเครื่องทดสอบ และทำการทดสอบต่อเนื่อง 5 นาที จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นแบบภาพที่อยู่ในโดเมนของเวลาดังรูปที่ 2 เพื่อที่จะทำการแปลงให้อยู่ในโดเมนความถี่ด้วยเทคนิควิธีการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT)



รูปที่ 2 รูปแผนภาพความสัมพันธ์แรง Fn, Fl และ Ft อยู่ในโดเมนเวลา

การแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT)

สัญญาณแรงที่ได้จากการทดลองนั้นจะประกอบไปด้วยแรง 3 แกน คือ แรงตามแนวแกนหมุนหรือแรงฉุดจาก (Ft) แรงด้านข้าง (Fl) และ แรงในแนวดิ่ง (Fn) ซึ่งแรงทั้งหมดนั้นอยู่ในรูปของโดเมนเวลาดังรูปที่ 2 ที่ได้จากเครื่องทดสอบทวินดิสก์ (Twin Disk) ภายใต้ความเร็วในการทดสอบคงที่ โดยสัญญาณในโดเมนเวลานั้นยังไม่เพียงพอในการวิเคราะห์เพื่อจำแนกความผิดปกติของพฤติกรรมการปฏิสัมพันธ์ระหว่างล้อและรางรถไฟ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแปลงสัญญาณดังกล่างเข้าสู่โดเมนความถี่ (Frequency Domain) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของล้อและราง

การแปลงสัญญาณแรงจากโดเมนเวลาไปเป็นโดเมนความถี่ทำได้โดยการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT) ซึ่งเป็นการคำนวณหาส่วนประกอบของสัญญาณในรูปคลื่นไซน์หลายความถี่ โดยให้สัญญาณไม่ต่อเนื่องของแรงเขียนอยู่ในรูป $f[n]$ จำนวน N จุด ที่เก็บด้วยความถี่การสุ่มตัวอย่าง f_s ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง Δt ดังนี้

$$f_s = \frac{1}{\Delta t} \tag{1}$$

การแปลงฟูเรียร์ไม่ต่อเนื่องของสัญญาณแรงนิยามดังสมการ

$$F(k) = \sum_{n=0}^{N-1} f[n]\, e^{-j2\pi kn/N} \tag{2}$$

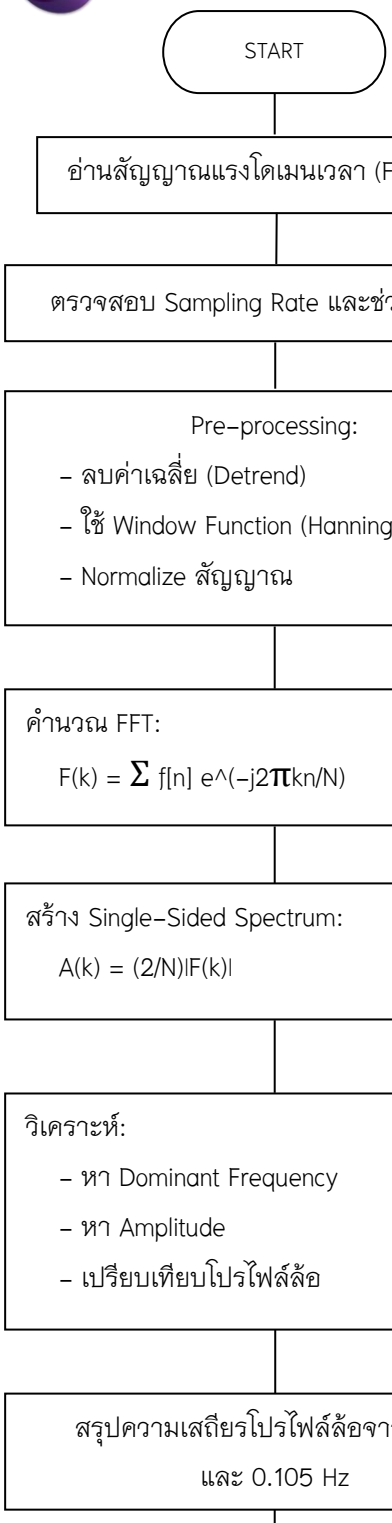
และสามารถแปลงลำดับ k ไปเป็นความถี่จริงได้จาก

$$f_k = \frac{k}{N\Delta t} \tag{3}$$

เพื่อแสดงระดับความรุนแรงของการสั่นสะเทือนในแต่ละความถี่ ทำการคำนวณแอมพลิจูดแบบด้านเดียว (Sigle–Sided amplitude spectrum) ด้วยสมการ

$$A(k) = \frac{2}{N}|F(k)| \tag{4}$$

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการคำนวณ $A_{FL}(k)$ และ $A_{FN}(k)$ แยกกันสำหรับแรงด้านข้างและแรงในแนวดิ่งในแต่ละการทดลอง แล้วนำค่าความถี่ f_k 'ที่ให้แอมพลิจูดสูงสุดมาใช้เป็นตัวแทนของความถี่หลักของการสั่นสะเทือนของระบบล้อ–รางในโปรไฟล์ล้อแต่ละแบบ ผลการแปลง FFT แสดงให้เห็นว่าในการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นโปรไฟล์ล้อเดิมมีแอมพลิจูดของสัญญาณแรงด้านข้าง $A_{FL}(k)$ สูงในหลายช่วงความถี่ และมีความถี่หลักปรากฏหลายค่า สะท้อนพฤติกรรมการสั่นที่ไม่เสถียรของระบบ ในขณะที่การทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นโปรไฟล์ล้อที่มีการปรับมุมลาดและความเว้าอย่างเหมาะสม กลับให้ผลแอมพลิจูดของ FL และ FN ต่ำที่สุด สะท้อนเสถียรภาพการวิ่งที่ดีกว่า และให้ค่าความถี่หลักเพียงช่วงเดียวที่ประมาณ 0.105 Hz ซึ่งเป็นความถี่ต่ำและไม่มีผลสร้างการสั่นสะเทือนสะสมในระบบ โดยให้ค่าอัตราส่วน FL/FN ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับโปรไฟล์อื่น ดังอธิบายในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนผังการวิเคราะห์และการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT)

การประเมินเสถียรภาพจากผลการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT) และการออกแบบระบบรองรับน้ำหนักรถไฟ

หลังจากได้รับสัญญาณแรงในโดเมนเวลาและนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT) ทำให้สามารถระบุพฤติกรรมการสั่นสะเทือนเชิงพลศาสตร์ของแรงด้านข้าง (FL) และแรงในแนวดิ่ง (FN) ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะค่าแอมพลิจูดของสเปกตรัมและความถี่หลัก (dominant frequency) ที่เกิดขึ้นในแต่ละโปรไฟล์ล้อ ผลการเปรียบเทียบพบว่าโปรไฟล์ล้อของการทดลองที่ 3 ให้แอมพลิจูดของ FL และ FN ต่ำที่สุด และมีความถี่หลักเพียงค่าเดียวที่ประมาณ 0.105 Hz ซึ่งเป็นความถี่ต่ำในช่วง quasi-static lateral oscillation สะท้อนถึงเสถียรภาพของระบบล้อ–รางที่ดีและไม่ปรากฏพฤติกรรม lateral hunting หรือการสั่นที่สะสมพลังงานในลักษณะที่เสี่ยงต่อการตกราง

ข้อมูลเสถียรภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ FL/FN และความถี่ 0.105 Hz ถูกนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบระบบรองรับน้ำหนักแบบสปริง–แดมเปอร์ (spring–damper system) โดยสมมติให้ระบบล้อ–รางประพฤติตัวเสมือนมวล–สปริง–แดมเปอร์ตามสมการ

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \tag{5}$$

โดยที่

m = มวลของล้อ

k = ค่าคงที่ของสปริง

c = ค่าการหน่วงของแดมเปอร์

F(t) = แรงกระทำจากสัญญาณ FN

ค่าความถี่ธรรมชาติของระบบคำนวณได้จาก

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \tag{6}$$

และค่าแดมปิ้งเรโช (Damping Ratio) คำนวณจาก

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}} \tag{7}$$

เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิด lateral hunting และลดแอมพลิจูดสั่นสะเทือนที่เกิดจากแรงด้านข้าง ระบบสปริงและแดมเปอร์ถูกออกแบบให้ความถี่ธรรมชาติ f_n อยู่ห่างจากความถี่หลัก 0.105 Hz อย่างมีนัยสำคัญ เพื่อลดโอกาสเกิดเรโซแนนซ์ (resonance avoidance) และให้แดมปิ้งเรโชอยู่ในช่วงที่ควบคุมความสั่นได้ดีแต่ไม่แข็งจนเกินไป โดยทั่วไปค่าที่เหมาะสมในระบบรางอยู่ระหว่าง

หลังจากกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นจะทำการสร้างระบบการวนลูปอัตโนมัติ (Automatic Search Loop) เพื่อหา k และ c ที่ให้ผลการสั่นสะเทือนต่ำที่สุดในโดเมนความถี่ โดยเปรียบเทียบแอมพลิจูดสเปกตรัมก่อนและหลังออกแบบระบบ ดังแสดงใน แผนผังการวิเคราะห์และการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT) ดังรูปที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

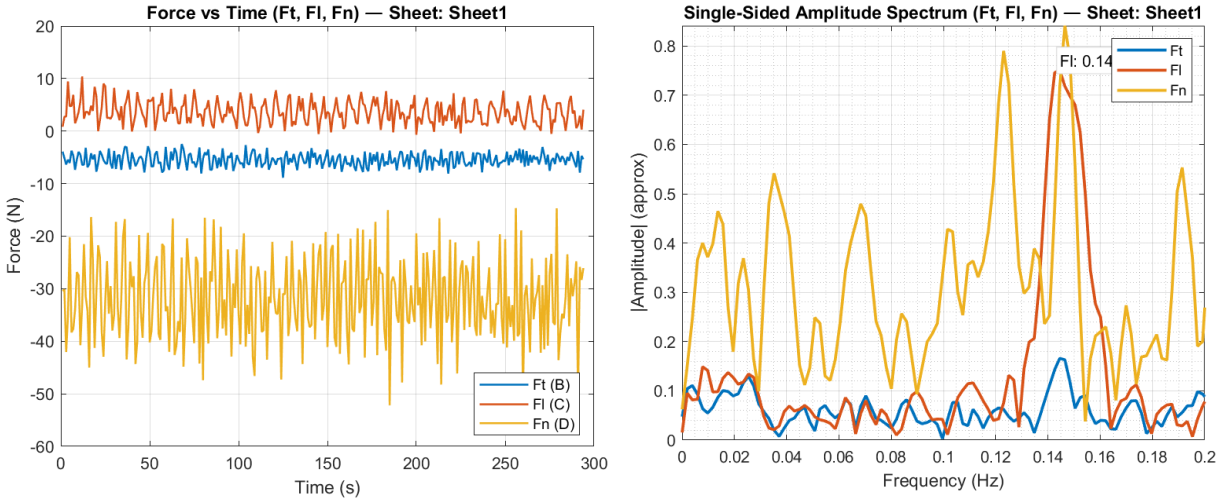
ผลการศึกษา

การทดลองจำนวน 5 โปรไฟล์ล้อได้ถูกนำมาวิเคราะห์สัญญาณแรงทั้งสามแกน ได้แก่ Ft, FL และ FN ทั้งในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ด้วยเทคนิค Fast Fourier Transform (FFT) เพื่อประเมินพฤติกรรมการสั่นสะเทือนและเสถียรภาพของระบบล้อ–ราง ผลการศึกษาแบ่งสรุปตามโปรไฟล์ล้อดังนี้

ผลการศึกษาวิเคราะห์เสถียรภาพของล้อและรางด้วยการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT)

ผลการทดลองที่ 1

จากรูปที่ 4 (ก) แสดงให้เห็นว่าโปรไฟล์ล้อเดิมมีค่าแรงด้านข้าง (FL) สูงและมีความแปรปรวนตลอดช่วงเวลา ขณะที่แรงในแนวดิ่ง (FN) มีการสั่นสะเทือนร่วมกับ FL อย่างเห็นได้ชัด ผล FFT แสดงสเปกตรัมหลายยอดความถี่ (multi–frequency peak) ในช่วงประมาณ 0.04–0.16 Hz ดังรูปที่ 4(ข) ซึ่งเป็นลักษณะของระบบที่มีความไม่เสถียร และมีแนวโน้มเกิดการสั่นสะเทือนสะสมแบบ *lateral hunting* จึงพิจารณาว่าโปรไฟล์เดิมมีความเสี่ยงสูงต่อการสูญเสียเสถียรภาพของล้อ–ราง

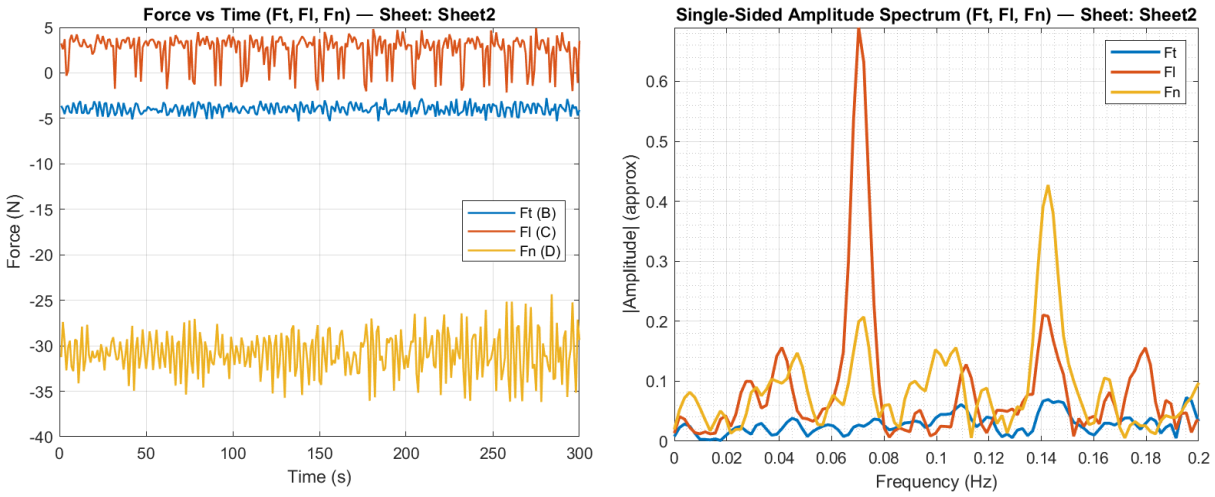


(ก) (ข)

รูปที่ 4 ผลการทดลองของการทดลองที่ 1 (ก) กราฟในความสัมพันธ์เวลา (ข) กราฟในโดเมนความถี่ด้วย FFT

ผลการทดลองที่ 2

จากรูที่ 5 (ก) แสดงให้เห็นว่าการปรับมุมลาดพื้นล้อเป็น 3 องศา แต่ยังคงมุมบังใบไว้ที่ 4 องศา ส่งผลให้ค่า FL ลดลงจากการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ กราฟ FFT มีจำนวนยอดความถี่ลดลง แต่ยังปรากฏหลายโหมดในช่วง 0.06–0.14 Hz แสดงว่ายังมีพฤติกรรมการสั่นแบบหลายโหมด (multi–mode vibration) ดังรูปที่ 5 (ข) แม้จะดีกว่าโปรไฟล์เดิมอย่างชัดเจน แต่ยังไม่ถือว่าอยู่ในระดับเสถียรที่สุด

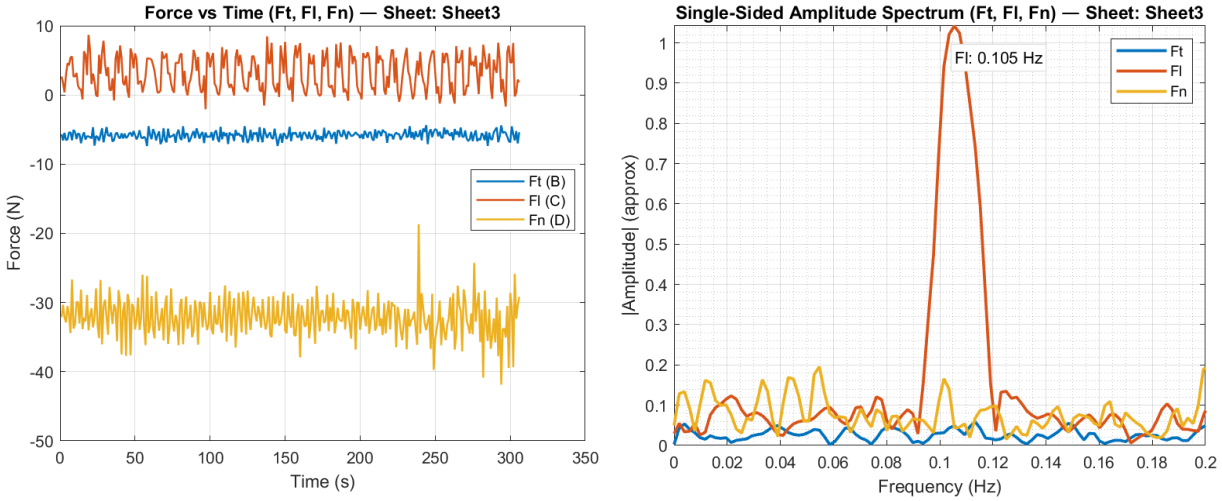


(ก) (ข)

รูปที่ 5 ผลการทดลองของการทดลองที่ 2 (ก) กราฟในความสัมพันธ์เวลา (ข) กราฟในโดเมนความถี่ด้วย FFT

ผลการทดลองที่ 3

ในรูปที่ 6 (ก) แสดงให้เห็นว่าแอมพลิจูด FL และ FN ต่ำที่สุดในชุดการทดลองทั้งหมด เมื่อพิจารณาผล FFT จะเห็นยอดความถี่หลักเพียงค่าเดียว คือ **0.105 Hz** ซึ่งเป็นความถี่ต่ำในช่วง *quasi-static lateral oscillation* ที่ไม่กระตุ้นให้เกิดการสั่นแบบ hunting ดังรูปที่ 6 (ข) ผลดังกล่าวสื่อว่าโปรไฟล์นี้สามารถกระจายแรงได้อย่างสมดุลและลดการปีนรางได้ดีที่สุด จึงถูกเลือกเป็นโปรไฟล์ต้นแบบที่มีเสถียรภาพสูงสุด

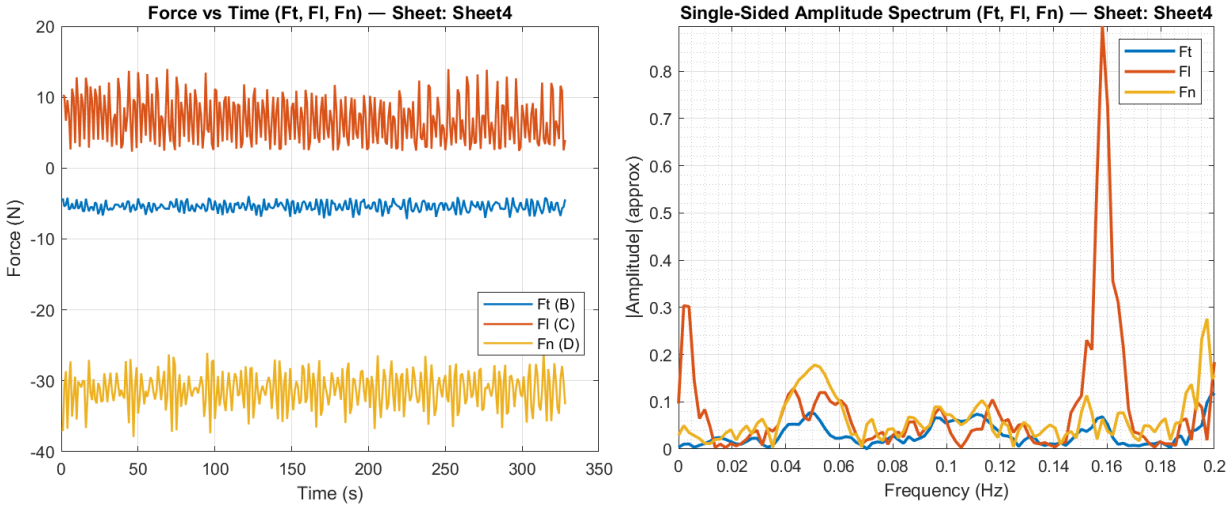


(ก) (ข)

รูปที่ 6 ผลการทดลองของการทดลองที่ 3 (ก) กราฟในความสัมพันธ์เวลา (ข) กราฟในโดเมนความถี่ด้วย FFT

ผลการทดลองที่ 4

รูปที่ 7 (ก) แสดงให้เห็นว่าแม้มุมบังใบที่ 8 องศาช่วยลดพฤติกรรมปีนราง แต่แรงด้านข้างยังคงมีแอมพลิจูดค่อนข้างสูง และผล FFT ยังแสดงหลายยอดความถี่ โดยแอมพลิจูดช่วง 0.12 Hz ยังเด่นชัดกว่าโปรไฟล์ที่ 3 ดังรูปที่ 7 (ข) จึงจัดว่าเสถียรภาพด้านการสั่นสะเทือนอยู่ในระดับปานกลางถึงดี แต่ยังไม่ดีที่สุดในชุดการทดลอง

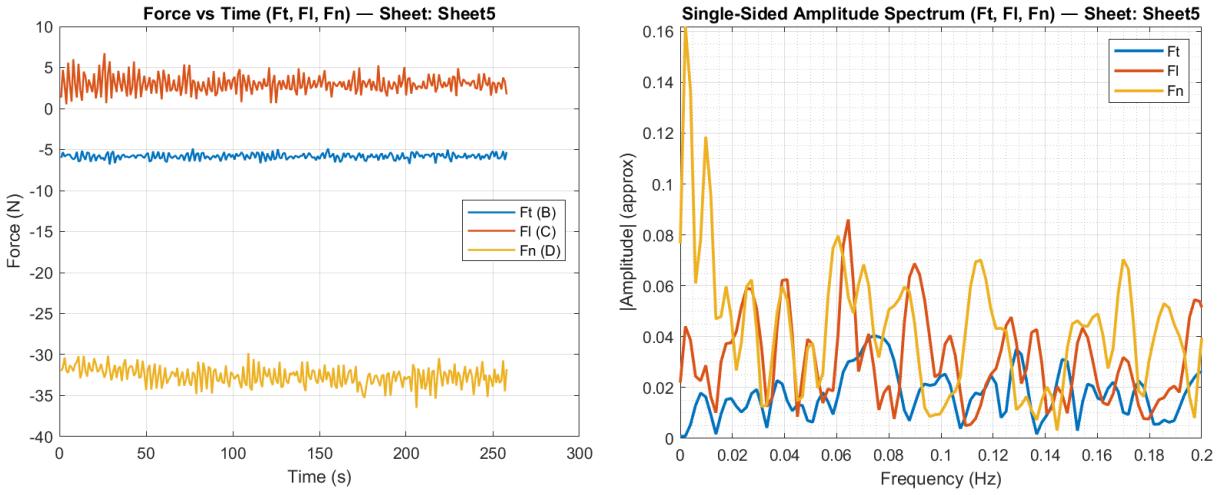


(ก) (ข)

รูปที่ 7 ผลการทดลองของการทดลองที่ 3 (ก) กราฟในความสัมพันธ์เวลา (ข) กราฟในโดเมนความถี่ด้วย FFT

ผลการทดลองที่ 5

รูปที่ 8 (ก) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มมุมบังใบเป็น 10 องศา ทำให้แรงด้านข้าง FL แปรปรวนเพิ่มขึ้นจากผลการชนและการเสียดสีบริเวณขอบล้อ ผล FFT มีความถี่กระจัดกระจายหลายค่า แอมพลิจูดของ FL และ FN สูงกว่าโปรไฟล์อื่นอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 8 (ข) ยืนยันว่าโปรไฟล์นี้มีความเสี่ยงต่อ slip–grip interaction และไม่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงเมื่อเทียบกับโปรไฟล์อื่น



(ก) (ข)

รูปที่ 8 ผลการทดลองของการทดลองที่ 3 (ก) กราฟในความสัมพันธ์เวลา (ข) กราฟในโดเมนความถี่ด้วย FFT

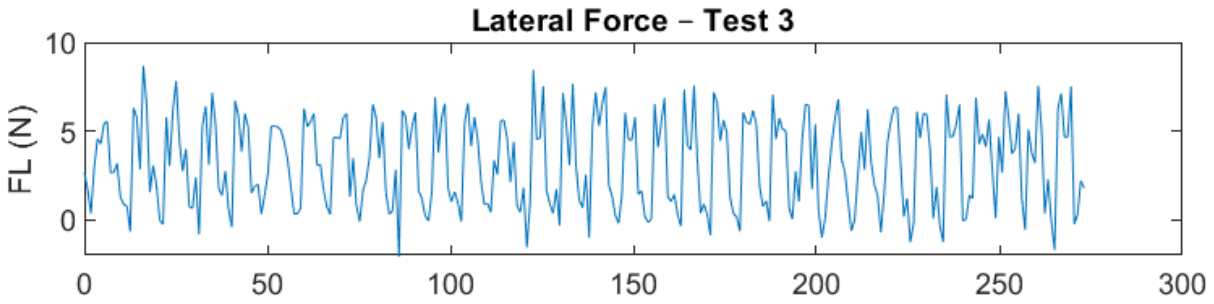
จากผลการทดลองทั้ง 5 รูปแบบ พบว่าการทดลองที่ 3 มีความเสถียรภาพดีที่สุด มีแอมพลิจูดแรงสั่นสะเทือนต่ำสุด และมีความถี่หลักเพียงค่าเดียวที่ 0.105 Hz ซึ่งบ่งชี้ถึงการสั่นเชิง quasi-static ที่ไม่มีการสะสมพลังงาน ทำให้พฤติกรรมล้อ–รางมีความนิ่งและเสี่ยงต่อการตกรางต่ำที่สุดดังตารางสรุปที่ 2 จึงถูกเลือกเป็นฐานข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบสปริง–แดมเปอร์ในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของล้อและรางด้วยการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT)

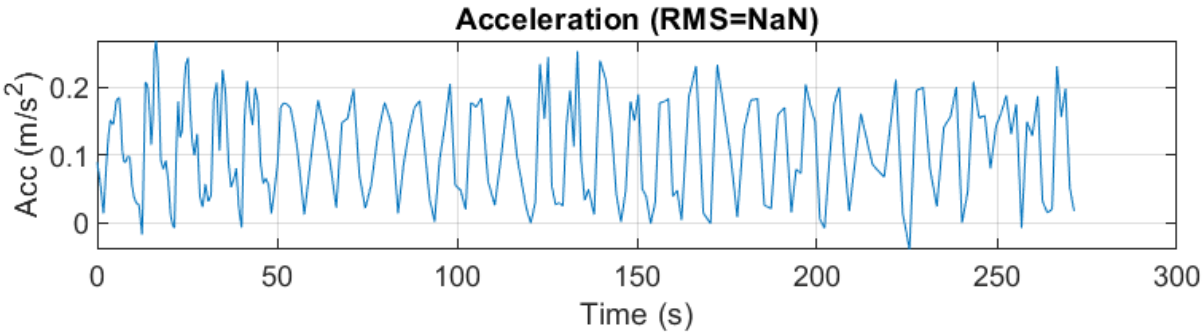
โปรไฟล์	ลักษณะโปรไฟล์	ลักษณะ FFT	ความถี่หลัก	ระดับเสถียรภาพ
การทดลองที่ 1	โปรไฟล์เดิม สึกหรอ	Multi-peak สูง	หลายค่า	ต่ำที่สุด
การทดลองที่ 2	ปรับปรุงเล็กน้อย	Multi-peak ลดลง	~0.09–0.13 Hz	ปานกลาง
การทดลองที่ 3	ออกแบบใหม่	Single peak เดียว	0.105 Hz	ดีที่สุด
การทดลองที่ 4	มุมลาดมากขึ้น	Multi-peak ปานกลาง	~0.12 Hz	ดี
การทดลองที่ 5	มุมบังใบสูง	Multi-peak สูง	กระจัด	ต่ำ

ผลการออกแบบระบบสปริง–แดมเปอร์จากข้อมูลการวิเคราะห์เสถียรภาพของล้อและราง

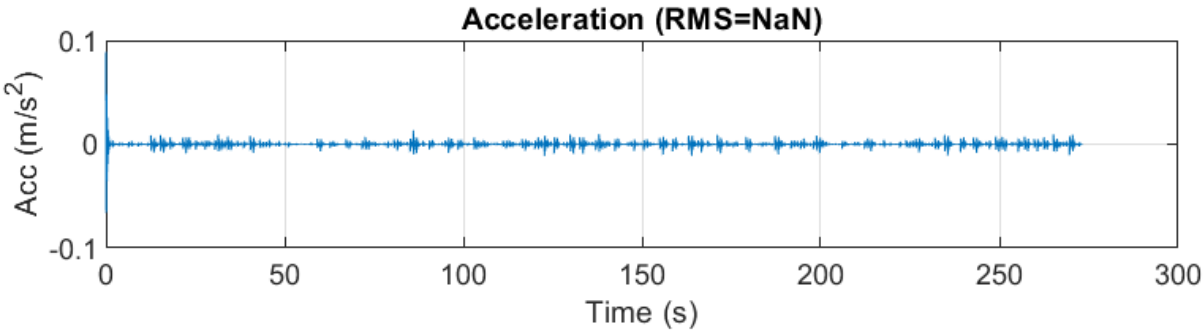
จากสมการที่ 5 เป็นสมการเชิงอนุพันธ์สำหรับการวิเคราะห์ สปริง – แดมเปอร์ ทั้งนี้เพื่อทำการนำผลของแรง FN ที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์การแปลงฟูเรียร์แบบเร็วที่ได้ค่าความถี่ หลักเพียงค่าเดียว คือ **0.105 Hz** ซึ่งเป็นความถี่ต่ำในช่วง quasi-static lateral oscillation ที่ไม่กระตุ้นให้เกิดการสั่นแบบ hunting และได้นำค่า FN ที่ได้จากการทดลองจริง มาทำหน้าที่เป็นแรงกระตุ้นของระบบ (forcing function) และออกแบบพารามิเตอร์ของสปริงและแดมเปอร์ให้เหมาะสมที่สุดต่อการลดการสั่นสะเทือน โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองพลวัต 1 องศาอิสระ (1-DOF Mass–Spring–Damper System) ซึ่งสามารถแทนพฤติกรรมการตอบสนองในแนวดิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่รูปที่ 8 เป็นรูปของผลของแรง FN ของการทดลองที่ 3 และรูปที่ 9 เป็นรูปของค่ากันสั่นสะเทือนในแนวดิ่งที่เกิดขึ้นจาก FN ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ไม่มีสปริงและแดมเปอร์จะสังเกตว่ารูปแบบของกราฟนั้นจะมีรูปแบบที่สอดคล้องกันกับกราฟของ FN รูปที่ 8 และเมื่อได้ออกแบบเพื่อทำการกำหนดค่า k และ c ให้สอดคล้องกับค่า Ride Comfort ของรถไฟตามมาตรฐานที่ได้กำหนดเราจะได้ค่า k และ c คือ และจะได้ผลดังรูปที่ 10 ซึ่งได้ออกแบบให้ $k \approx 3.2\times10^4$ N/m และ $c \approx 200$ Ns/m ซึ่งจะกำหนดให้ผลเฉลยให้สอดคล้องกับมาตรฐานการกำหนดค่าความสะบายในการโดยสารรถไฟ



รูปที่ 8 รูปของผลของแรง FN ของการทดลองที่ 3



รูปที่ 9 ผลจากการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของระบบล้อและรางที่ไม่มีสปริงและแดมเปอร์



รูปที่ 10 ผลเฉลยของค่าความสั่นสะเทือนที่กำหนดค่า $k \approx 3.2\times10^4$ N/m และ $c \approx 200$ Ns/m ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความสะดวกสบายของการโดยสารรถไฟ

จากผลการจำลองพบว่า ความเร่งในแนวดิ่งของระบบมีแอมพลิจูดต่ำมาก (ประมาณ ±0.02–0.04 m/s²) และไม่มีการสั่นสะเทือนขนาดใหญ่ตลอดช่วงเวลา 300 วินาที แสดงให้เห็นว่าสปริง–แดมเปอร์ที่ออกแบบ ($k \approx 3.2\times10^4$ N/m และ $c \approx 200$ Ns/m) สามารถลดทอนแรงจากล้อ–รางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อเทียบกับมาตรฐานความสบายในการโดยสารของรถไฟ เช่น ISO 2631-1 และ EN 12299/UIC 513 ซึ่งกำหนดว่าความเร่ง RMS ต่ำกว่า 0.3–0.4 m/s² อยู่ในระดับ “สบาย” (comfortable) ผลการจำลองครั้งนี้มีค่าความเร่งต่ำกว่ามาตรฐานดังกล่าวหลายเท่า จึงจัดอยู่ในระดับ “ไม่รู้สึกไม่สบาย” (not uncomfortable) และถือว่ามีประสิทธิภาพด้าน ride comfort อยู่ในระดับ ดีมาก

ผลการวิเคราะห์ระบบสปริง–แดมเปอร์ในงานวิจัยนี้เป็นเพียง “แนวทางเบื้องต้น” สำหรับการออกแบบระบบรองรับน้ำหนักของรถไฟ โดยใช้มวลสมมติ 30 กิโลกรัมเป็นตัวแทนมวลที่รองรับแรงจากล้อ–ราง การจำลองดังกล่าวช่วยให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมการสั่นสะเทือน การถ่ายเทแรง และผลตอบสนองของสปริง–แดมเปอร์ต่อความสบายในการวิ่งของรถต้นแบบ อย่างไรก็ตาม ค่าพารามิเตอร์ที่สรุปได้จากการจำลองยังไม่ใช่ค่าที่นำไปใช้แทนระบบจริงได้โดยตรง หากต้องการนำแนวคิดนี้ไปใช้กับการออกแบบรถไฟขนาด 1 ฟุตสำหรับการแข่งขัน TRRN Railway Challenge 2026 ควรมีการปรับมวลและน้ำหนักที่ใช้ในการจำลองให้สอดคล้องกับ น้ำหนักกดเพลา (Axle Load) หรือ น้ำหนักตัวรถจริง ของรถต้นแบบ ทั้งนี้ เพื่อให้ค่าความแข็งของสปริง (k) และค่าคงตัวแดมเปอร์ (c) ที่ได้จากการคำนวณสอดคล้องกับพฤติกรรมเชิงพลศาสตร์ของตัวรถจริงมากที่สุด

จากผลการวิเคราะห์และทดลอง กล่าวได้ว่า แบบจำลองมวล 30 กิโลกรัมในงานนี้มีประโยชน์ในเชิง “พิสูจน์แนวคิด” (Proof–of–Concept) และใช้เพื่อกำหนดกรอบของค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดความสบายในการวิ่งตามมาตรฐาน ride comfort เท่านั้น แต่ในการประยุกต์ใช้งานจริงสำหรับรถไฟต้นแบบในการแข่งขัน TRRN ต้องมีการเพิ่มมวลจำลองให้ใกล้เคียงภาระจริงของเพลาและโครงสร้าง เพื่อให้ผลการออกแบบระบบรองรับน้ำหนักมีความถูกต้องเชื่อถือได้ และรองรับการใช้งานจริงได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการทดลองทั้ง 5 โปรไฟล์ล้อ พบว่าพฤติกรรมแรงด้านข้าง (FL) และแรงในแนวดิ่ง (FN) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามรูปทรงเรขาคณิตของโปรไฟล์ล้อ เมื่อวิเคราะห์ด้วย FFT พบว่าโปรไฟล์ที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย Tread Taper 3°, Flange Angle 6°, และ Flange Radius 3 mm ให้ผลที่มีเสถียรภาพดีที่สุด โดยแอมพลิจูดของ FL และ FN ต่ำที่สุด และมี ความถี่หลักเพียงค่าเดียวที่ประมาณ 0.105 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ต่ำที่ไม่ก่อให้เกิดการสะสมพลังงานหรือ hunting motion ตามที่ปรากฏในรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 8 ผลดังกล่าวยืนยันว่าโปรไฟล์ล้อที่ 3 สามารถลดแรงรบกวนเชิงพลศาสตร์ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับโปรไฟล์อื่น ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเสถียรภาพล้อ–ราง และแนวคิดของ Nadal (อัตราส่วน FL/FN) ที่ใช้ประเมินความเสี่ยงของการปีนราง เมื่อแรงกระทำในแนวดิ่งถูกลดทอนอย่างสม่ำเสมอโดยไม่เกิดยอดความถี่หลายค่า ระบบจึงมีโอกาสเกิดการตกรางต่ำกว่าโปรไฟล์อื่นอย่างชัดเจน จากนั้นจึงนำข้อมูลแรง FN ของการทดลองที่ 3 มาใช้เป็น แรงกระตุ้นของระบบมวล–สปริง–แดมเปอร์ (1–DOF) เพื่อออกแบบพารามิเตอร์ k และ c ให้เหมาะสมกับการลดการสั่นสะเทือนในแนวดิ่ง ผลการจำลองที่แสดงในหน้า 11–12 ของไฟล์แสดงให้เห็นว่า เมื่อไม่มีสปริง–แดมเปอร์ การตอบสนองของระบบมีรูปแบบคล้ายกับแรง FN โดยตรง แต่เมื่อกำหนดค่าสปริง–แดมเปอร์ที่เหมาะสม ($k \approx 3.2\times10^4$ N/m, $c \approx 200$ Ns/m) การสั่นสะเทือนของระบบลดลงจนเหลือเพียง ±0.02–0.04 m/s² ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน Ride Comfort ตาม ISO 2631–1 และ EN 12299/UIC 513 ที่กำหนดให้ RMS ความเร่ง ≤ 0.3–0.4 m/s² อยู่ในระดับ “สบาย” (comfortable) ดังที่สรุปไว้ในหัวข้อ ผลการออกแบบระบบสปริง–แดมเปอร์จากข้อมูลการวิเคราะห์เสถียรภาพของล้อและราง

จึงสรุปได้ว่า ระบบสปริง–แดมเปอร์ที่ออกแบบจากข้อมูลจริงสามารถให้ความสบายในการวิ่ง (ride comfort) อยู่ในระดับดีมาก และมีศักยภาพต่อการนำไปใช้เป็นต้นแบบการออกแบบระบบรองรับของรถไฟหรือระบบวิจัยด้านล้อ–ราง อย่างไรก็ตาม การออกแบบครั้งนี้ใช้มวลสมมติ 30 กิโลกรัม ซึ่งเป็นเพียง การพิสูจน์แนวคิด (Proof–of–Concept) เท่านั้น หากต้องการนำผลลัพธ์ไปใช้กับรถไฟขนาด 1 ฟุตสำหรับการแข่งขัน TRRN Railway Challenge 2026 จะต้องมีการปรับมวลและแรงกดเพลาให้สอดคล้องกับ น้ำหนักกดเพลาจริง (Axle Load) ของรถต้นแบบ เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ k และ c ที่ได้มีความสมจริงทางวิศวกรรม และสามารถรองรับสภาวะการใช้งานจริงได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้เพื่อการพัฒนานวัตกรรมการออกแบบระบบล้อและระบบรองรับน้ำหนักของรถไฟให้มีประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมการขนส่งทางราง. (2565). *รายงานสถานภาพโครงสร้างพื้นฐานระบบรางของประเทศไทย พ.ศ. 2565*. กรุงเทพฯ: กระทรวงคมนาคม.

Nadal, M. (1908). *The theory of wheel flange climbing derailment. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 175(1), 135–154.

Shabana, A. A., Zaazaa, K. E., & Sugiyama, H. (2008). *Dynamics of Multibody Systems*. Cambridge University Press.

Chen, Y. Z., Zhao, X., & Zhai, W. (2018). *Analysis of wheel–rail contact forces under different wheel profiles. Journal of Rail Mechanics*, 12(4), 235–246.

Wang, P., Zhou, J., & Chen, R. (2019). *Frequency–domain analysis of wheel–rail vibration response using FFT–based approach. Railway Engineering Journal*, 33(2), 87–94.

Liu, Y., Zhang, H., & Zhu, Z. (2021). *Influence of tread hollow and flange radius on wheel–rail lateral vibration. Mechanical Systems and Signal Processing*, 148, 107–126.

Wu, T., & Thompson, D. (2020). *Railway Noise and Vibration: Mechanisms, Modelling and Means of Control* (2nd ed.). Elsevier.

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเมื่อยล้าของผู้โดยสารรถไฟชั้น 3 เพื่อพัฒนาการออกแบบเบาะที่นั่งตามหลักการยศาสตร์

An investigation of fatigue-related factors among third-class railway passengers for ergonomic seat design development

พิตินันท์ วสันตเสนานนท์[1] พงษ์ศักดิ์ รุนกระโทก[1] กัมปนาท ถ่ายสูงเนิน[1] มะลิวัลย์ ปารีย์[2*] และ มงคล พรรณาภพ[1]

Pitinun Vasantasananont[1], Phongsak Runkratok[1], Kampanart Taysungnoeng[1], Mailwan Paree[2*] and Mongkol Phannapob[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเมื่อยล้าของผู้โดยสารรถไฟชั้น 3 และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นกรอบเชิงวิศวกรรมในการออกแบบโครงสร้างเบาะที่นั่งให้สอดคล้องกับหลักสรีรศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณร่วมกับการทดสอบเชิงวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้โดยสารจำนวน 400 คน ที่เดินทางในเส้นทาง นครราชสีมา–หนองคาย นครราชสีมา–อุบลราชธานี และนครราชสีมา–บางซื่อ ซึ่งใช้เวลาเดินทางเฉลี่ยมากกว่า 3 ชั่วโมง การเก็บข้อมูลดำเนินการด้วยแบบสอบถาม 4 ตอน ประเมินข้อมูลส่วนบุคคล ความรู้สึกต่อสภาพเบาะที่นั่ง อาการปวดเฉพาะที่ และปัจจัยด้านโครงสร้างที่นั่ง จากนั้นใช้การวิเคราะห์เปอร์เซนไทล์และแผนภาพพาเรโตเพื่อตรวจสอบปัจจัยสำคัญ พบว่าผู้โดยสารมีอาการปวดก้นคิดเป็นร้อยละ 61.25 ปวดหลังคิดเป็นร้อยละ 56.25 และปวดคอคิดเป็นร้อยละ 17.5 ซึ่งทั้ง 3 อาการเป็นอาการเด่นของอาการทั้งหมด ก่อนนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาค

ผลการวิเคราะห์พบว่าอาการปวดก้นมีความสัมพันธ์กับความแข็งของเบาะและการรองรับหลังที่ไม่เหมาะสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 อาการปวดหลังเกิดจากการรองรับหลังไม่เพียงพอและแรงสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อกระดูกสันหลัง ส่วนอาการปวดคอมีความสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างที่นั่งที่แคบเกินไปและแรงสั่นสะเทือนของขบวนรถไฟ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับข้อมูลจากแผนที่แรงดันซึ่งพบแรงกดสะสมบริเวณปุ่มกระดูกอิชเชียล หลังส่วนบน และบริเวณที่ไม่มีระบบรองรับหลังส่วนเอว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเบาะรถไฟชั้น 3 ในปัจจุบันยังไม่สอดคล้องกับหลักสรีรศาสตร์ จึงสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบเบาะต้นแบบเพื่อลดแรงกดสะสมและเพิ่มความสบายในการโดยสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ความเมื่อยล้า, สรีรศาสตร์, เบาะรถไฟ, แผนที่แรงดัน, การถดถอยลอจิสติก

[1] วิทยาลัยนวัตกรรมวิชาชีพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

[2] คณะวิทยาลัยการแพทย์พื้นบานและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[1] College of Innovative Skill, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000

[2] School of Traditional and Alternative Medicine Chiang Rai Rajabhat University 57100

*Corresponding author: Paree443@gmail.com

Abstract

This study aimed to investigate factors affecting fatigue among passengers in third-class railway coaches and to use the findings as an engineering framework for designing seat structures consistent with ergonomic principles. A quantitative research approach combined with engineering testing was employed. Data were collected from 400 passengers traveling on the Nakhon Ratchasima–Nong Khai, Nakhon Ratchasima–Ubon Ratchathani, and Nakhon Ratchasima–Bang Sue routes, with an average travel duration exceeding three hours. A four-part questionnaire was used to assess personal information, perceptions of seat conditions, localized pain symptoms, and structural seat factors. Percentile analysis and Pareto charts were applied to identify key factors. The results showed that the most prominent symptoms were buttock pain (61.25%), back pain (56.25%), and neck pain (17.5%). These symptoms were subsequently analyzed using binary logistic regression.

The analysis indicated that buttock pain was significantly associated with seat hardness and inadequate back support at the 0.05 significance level. Back pain was related to insufficient back support and vibration affecting the spine, while neck pain was significantly associated with overly narrow seat spacing and train vibration. These findings were consistent with pressure-mapping results, which revealed accumulated pressure at the ischial tuberosities, upper back, and areas lacking lumbar support. Overall, the results suggest that current third-class railway seats do not comply with ergonomic principles. The findings can be used to design a prototype seat that reduces pressure accumulation and improves passenger comfort during travel.

Keywords: Passenger fatigue, Ergonomics, Train seat design, Pressure mapping, Logistic regression

บทนำ

การเดินทางด้วยรถไฟชั้น 3 ยังคงเป็นทางเลือกสำคัญของประชาชนจำนวนมากในพื้นที่ภาคอีสานและภาคกลาง เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำและให้บริการครอบคลุมพื้นที่หลักของประเทศ อย่างไรก็ตาม เบาะที่นั่งของรถไฟชั้น 3 ซึ่งมีลักษณะเป็นเบาะแข็ง พนักพิงตั้ง และมีระยะห่างระหว่างที่นั่งจำกัด มักทำให้ผู้โดยสารต้องอยู่ในท่านั่งเดิมเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดอาการปวดเมื่อยเฉพาะที่ เช่น ปวดก้น ปวดหลังส่วนเอว และปวดคอ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของความไม่สบายและความเมื่อยล้าในการเดินทาง หลักการยศาสตร์ระบุว่า อาการเมื่อยล้าเกิดจากแรงกดทับสะสม (pressure concentration) ท่าทางที่ไม่เหมาะสม และการขาดการรองรับส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะบริเวณปุ่มกระดูกอิชเชียล กระดูกสันหลังส่วนเอว และแผ่นหลังส่วนบน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่รับแรงกดสูงในท่านั่ง (Grandjean & Kroemer, 1997) งานวิจัยด้านชีวกลศาสตร์พบว่า การนั่งโดยไม่มีการรองรับหลังส่วนล่างหรือใช้เบาะที่มีความแข็งมากเกินไปจะเพิ่มแรงกระทำต่อข้อกระดูกสันหลังและส่งผลต่ออาการปวดหลังได้อย่างชัดเจน (Callaghan & McGill, 2001) ขณะที่ Makhsous et al. (2007) ระบุว่า หากเบาะไม่สามารถกระจายน้ำหนักได้อย่างเหมาะสม แรงกดบริเวณปุ่มกระดูกอิชเชียลจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าในท่านั่งเป็นเวลานาน ในด้านสภาพแวดล้อมการเดินทาง มาตรฐาน ISO 2631-1 (2008) ชี้ให้เห็นว่าการสั่นสะเทือนในแนวดิ่งจากระบบล้อ-รางสามารถเพิ่มความเมื่อยล้าและความเสี่ยงต่ออาการปวดหลังของผู้โดยสารได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการนั่งเป็นเวลานานในท่าที่ไม่เหมาะสม ซึ่งตรงกับลักษณะของการเดินทางด้วยรถไฟชั้น 3 ในประเทศไทย

ที่ผ่านมา ยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษา “ปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าในรถไฟชั้น 3” ร่วมกับ “ข้อมูลแรงกดจริงบนพื้นผิวเบาะ” เพื่อพัฒนาโครงสร้างเบาะตามหลักการยศาสตร์และวิศวกรรมอย่างเป็นระบบ ทำให้ยังขาดข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการออกแบบเบาะต้นแบบที่เหมาะสมกับสรีระของผู้โดยสารชาวไทย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออาการเมื่อยล้าของผู้โดยสารรถไฟชั้น 3 โดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบสอบถามจำนวน 400 คน ร่วมกับข้อมูลแรงกดจากการทดลองระบบแผนที่แรงดัน เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลด้านการยศาสตร์และข้อมูลทางวิศวกรรมเข้าด้วยกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาโครงสร้างเบาะต้นแบบที่ลดแรงกดสะสม รองรับสรีระได้ดียิ่งขึ้น และเพิ่มความสบายในการเดินทางให้แก่ผู้โดยสารในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเมื่อยล้าของผู้โดยสารรถไฟชั้น 3 จากข้อมูลเชิงปริมาณ
2. เพื่อวัดและวิเคราะห์รูปแบบการกระจายแรงกดบนเบาะที่นั่งด้วยระบบแผนที่แรงดัน
3. เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลอาการปวดกับข้อมูลแรงกดจริงตามหลักสรีรศาสตร์
4. เพื่อใช้ข้อมูลที่ได้เป็นกรอบเชิงวิศวกรรมสำหรับออกแบบโครงสร้างเบาะที่นั่งต้นแบบสำหรับรถไฟชั้น 3

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

การศึกษานี้มุ่งวิเคราะห์ปัจจัยด้านโครงสร้างเบาะที่นั่งของรถไฟชั้น 3 ซึ่งคาดว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้โดยสารเกิดอาการเมื่อยล้าและอาการปวดเฉพาะจุดระหว่างการโดยสารเป็นเวลานานกว่า 3 ชั่วโมง การทบทวนวรรณกรรมด้านสรีรศาสตร์ (Ergonomics) และชีวกลศาสตร์ของการนั่ง (Sitting Biomechanics) ชี้ให้เห็นว่าคุณลักษณะของเบาะ เช่น ความแข็งของวัสดุ มุมและคุณภาพการรองรับหลัง รูปทรงของพนักพิง ระยะห่างระหว่างที่นั่ง รวมถึงแรงสั่นสะเทือนจากแหล่งกำเนิด เช่น ระบบรองรับล้อ–ราง ล้วนเป็นองค์ประกอบที่ส่งผลต่อแรงกดบนส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย รวมถึงการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะที่นั่งเป็นเวลานาน (Grandjean & Kroemer, 1997; ISO 2631-1, 2008) ดังนั้นปัจจัยดังกล่าวจึงถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรต้นในกรอบแนวคิดการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากผู้โดยสารจำนวน 400 คน พบว่าผู้โดยสารมักประสบอาการปวดที่บริเวณก้น หลังส่วนล่าง และคอ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีการรองรับน้ำหนักและแรงกระทำซ้ำ ๆ มากที่สุดในท่านั่ง ชุดข้อมูลดังกล่าวได้รับการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญของอาการปวดที่เกิดขึ้นจริงในประชากรตัวอย่าง ผลลัพธ์ชี้ว่า "ปวดก้น ปวดหลัง และปวดคอ" เป็นอาการที่มีความสำคัญในระดับ 80% ของปัญหาทั้งหมด และจึงถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสถิติอย่างเป็นระบบ

บนพื้นฐานทางทฤษฎีและข้อมูลภาคสนามดังกล่าว งานวิจัยจึงพัฒนากรอบแนวคิดที่กำหนดให้ปัจจัยด้านโครงสร้างเบาะ ได้แก่ ความแข็งของเบาะ การรองรับหลัง ระยะห่างที่นั่ง วัสดุเบาะ การระบายอากาศ และแรงสั่นสะเทือน เป็นตัวแปรต้นที่อาจมีอิทธิพลต่ออาการปวดเฉพาะจุดของผู้โดยสาร โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาคในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดังกล่าวกับโอกาสการเกิดอาการปวดแต่ละตำแหน่ง

จากการทบทวนทฤษฎีและผลการสำรวจจริง งานวิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่าความแข็งของเบาะและความไม่เพียงพอของการรองรับหลังจะเพิ่มโอกาสการเกิดอาการปวดก้น เนื่องจากน้ำหนักลำตัวไม่สามารถถ่ายไปยังพนักพิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Makhsous et al., 2007) เช่นเดียวกับอาการปวดหลังที่คาดว่าจะสัมพันธ์กับความบกพร่องของการรองรับหลังส่วนเอวและแรงสั่นสะเทือนที่ถ่ายเข้าสู่กระดูกสันหลัง (Callaghan & McGill, 2001) ในขณะที่อาการปวดคอมีแนวโน้มเกิดจากระยะห่างระหว่างที่นั่งที่แคบซึ่งจำกัดการเคลื่อนไหวของส่วนบนของลำตัว และทำให้

กล้ามเนื้อคอทำงานหนักขึ้น รวมทั้งได้รับผลกระทบจากแรงสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านขึ้นมาจากพนักพิงด้วย (Ariëns et al., 2001) ดังนั้น กรอบแนวคิดที่พัฒนาขึ้นจึงเป็นระบบที่เชื่อมโยงปัจจัยทางกายภาพของเบาะเข้ากับผลลัพธ์เชิงสรีรศาสตร์ของผู้โดยสารอย่างเป็นเหตุผล และประโยชน์ของกรอบแนวคิดนี้คือช่วยให้การวิเคราะห์สามารถชี้ชัดได้ว่าปัจจัยใดเป็นตัวก่อปัญหาหลัก และเป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบเบาะต้นแบบตามหลักวิศวกรรมและสรีรศาสตร์ต่อไป

วิธีวิทยาการวิจัย

การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากผู้โดยสารและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากผู้โดยสารที่นั่งตู้โดยสารรถไฟชั้น 3 โดยกรรมวิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบมีเกณฑ์โดยกำหนดเงื่อนไขให้ผู้เข้าร่วมต้องเป็นผู้โดยสารที่เดินทางด้วยรถไฟชั้น 3 เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับสามารถสะท้อนสภาวะการนั่งจริงและอาการเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินทางได้อย่างถูกต้องโดยกำหนดเส้นทางในการเก็บข้อมูลคือเส้นทาง สายนครราชสีมา – หนองคาย, นครราชสีมา – อุบลราชธานี และ นครราชสีมา – บางซื่อ ดังรูปที่ 1 โดยใช้แบบสอบถามที่ได้ออกแบบขึ้นมาเพื่อประเมินข้อมูลพื้นฐานด้านการปวดเฉพาะที่ และปัจจัยของโครงสร้างเบาะที่อาจเป็นสาเหตุก่อให้เกิดความเมื่อยล้า โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แบบเร่งรัด รหัสโครงการ HEC-01-68-084 ซึ่งในแบบสอบถามนี้จะแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลการเดินทาง ความรู้สึกต่อสภาพเบาะที่นั่ง และความเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ต้องการให้มีการปรับปรุง ดังตารางที่ 1 ในการเก็บข้อมูลนั้นได้กำหนดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน โดยได้ใช้หลักการกำหนดขนาดตัวอย่างของ Yamane (1967) กำหนดค่าความคลาดเคลื่อน ที่ 0.05 จะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำประมาณ 400 คน ซึ่งถือว่าเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติที่ต้องการความเชื่อมั่นในระดับ 95% โดยได้จำแนกเป็น สายนครราชสีมา – หนองคาย จำนวน 125 คน, นครราชสีมา – อุบลราชธานี จำนวน 125 คน และ นครราชสีมา – บางซื่อ จำนวน 150 คน



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) และ (ข) คณะอาสาสมัครและผู้วิจัยได้ลงเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากผู้โดยสาร

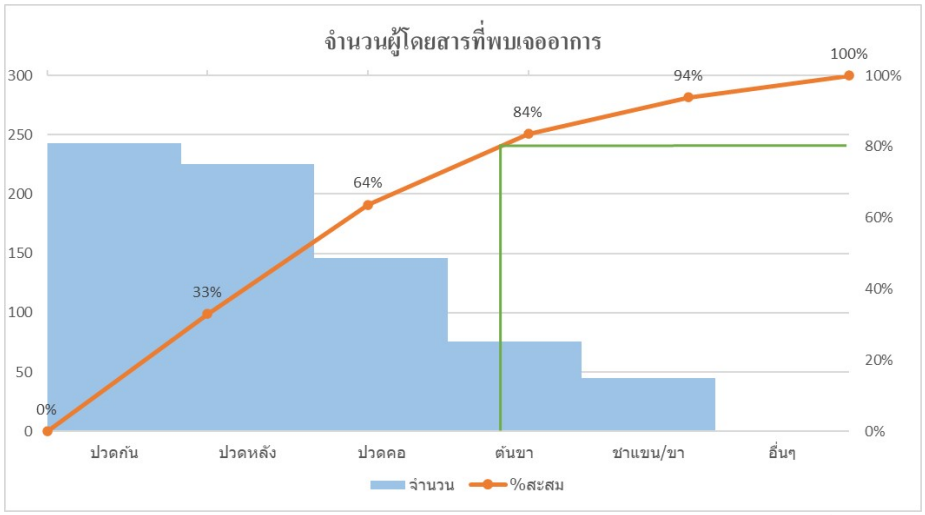
ตารางที่ 1 โครงสร้างแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากผู้โดยสารรถไฟชั้น 3

ส่วนของแบบสอบถาม	รายระเอียดข้อมูลในแบบสอบถาม
ส่วนที่ 1 : ข้อมูลส่วนบุคคล	เพศ (ชาย 153 คน หญิง 237 คน), อายุเฉลี่ย (29.7, SD 14.05), ส่วนสูงเฉลี่ย (164.75, SD 9.09), น้ำหนักเฉลี่ย (61.95 SD 13.83), ความถี่ในการใช้บริการรถไฟชั้น 3 ชั่วโมงเฉลี่ย (3.24 ชั่วโมง, SD 1.89)
ส่วนที่ 2: ข้อมูลการเดินทาง	เส้นทางต้นทาง–ปลายทาง, ระยะเวลาเดินทาง, ช่วงเวลาที่เดินทาง, จำนวนครั้งที่เคยเดินทางเส้นทางนี้
ส่วนที่ 3: ความรู้สึกต่อสภาพเบาะนั่ง (ข้อ 11–20)	ความแข็งของเบาะ, การรองรับหลัง, ระยะห่างระหว่างที่นั่ง, วัสดุหุ้มเบาะ/การระบายอากาศ, ความเมื่อยล้า, แรงสั่นสะเทือน, ความไม่สะดวกสบายโดยรวม
ส่วนที่ 4: อาการปวดเฉพาะที่และข้อเสนอแนะ	อาการปวดที่พบมากที่สุด เช่น ปวดหลัง ปวดคอ ปวดก้น ปวดต้นขา และปัจจัยของเบาะที่ควรปรับปรุง เช่น ความนุ่มของเบาะ การรองรับหลัง การระบายอากาศ

จากรูปที่ 1 และตารางที่ 1 เป็นกระบวนการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินระดับความสำคัญหรือความรุนแรงของปัจจัยโดยได้ใช้การวิเคราะห์ค่าร้อยละเปอร์เซนไทล์ เพื่อประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยด้านโครงสร้างเบาะที่ส่งผลต่ออาการเมื่อยล้า ในการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของปัจจัยด้านโครงสร้างเบาะ ผู้วิจัยเลือกใช้ค่าเปอร์เซนไทล์ 30, 50 และ 70 แทนการใช้เปอร์เซนไทล์มาตรฐาน 25, 50 และ 75 ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวของคะแนนจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 400 คนมีลักษณะกระจุกตัวอยู่ในช่วงค่ากลางค่อนมาทางสูง ทำให้ช่วงเปอร์เซนไทล์ที่ 25 และ 75 มีความไวต่อค่าที่เบี่ยงเบนมากเกินไปและไม่สะท้อนระดับความรู้สึกของผู้โดยสารส่วนใหญ่ได้ชัดเจน ผู้วิจัยจึงกำหนดให้เปอร์เซนไทล์ที่ 30, 50 และ 70 แทนระดับ “ต่ำ–ปานกลาง–สูง” ของความรุนแรงของปัจจัยที่ศึกษา เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนและสอดคล้องกับลักษณะการกระจายของข้อมูลจริงในงานวิจัยครั้งนี้ และปัจจัยใดมีผลกระทบสูงที่สุด ซึ่งจากตารางที่ 2 นั้นทำให้ทราบว่า เมื่อผู้โดยสารนั้นเมื่อได้นั่งที่นั่งรถไฟชั้น 3 ในระยะเวลา 1–3 ชั่วโมง เกิดอาการเมื่อยล้าเป็นระยะ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.890 พบว่าอาการเมื่อยล้านั้นเกิดจากสภาพของโครงสร้างเบาะที่นั่ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.826 และอาการส่วนใหญ่แล้วจะปวดหลัง ปวดก้น และต้นขา คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.778 และปัจจัยของโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารส่งผลทำให้ผู้โดยสารรู้สึกเมื่อยล้า ปวดหลัง ปวดก้น และต้นขา คือ เบาะที่นั่งแข็งเกินไป คิดเป็นร้อยละ 3.773 พนักพิงไม่รองรับหลังได้ดี คิดเป็นร้อยละ 3.745 เบาะไม่มีการรองรับส่วนเอว 3.718 ระยะห่างระหว่างที่นั่งแคบเกินไปคิดเป็น 3.653 และวัสดุนั่งแล้วร้อน คิดเป็นร้อยละ 3.508 จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวนั้นทำให้ทราบว่าความเมื่อยล้าของผู้โดยสารนั้นเกิดจากโครงสร้างเบาะที่มีการออกแบบอย่างไม่เหมาะสมจึงได้ทำการวิเคราะห์อาการปวดที่เกิดขึ้นของผู้โดยสารจากแบบสอบถามนำมาจัดลำดับความสำคัญของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอาการปวดที่เกิดขึ้นของผู้โดยสารโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต (Pareto) ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความรุนแรงของปัจจัยด้วยการวิเคราะห์แบบเปอร์เซนไทล์

ปัจจัยที่ประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	P30	P50	P70
รู้สึกเมื่อยล้าเป็นระยะ	3.890	4	4	4
สภาพเบาะมีผลต่อความเมื่อยล้า	3.826	3	4	5
ที่นั่งแข็งเกินไป	3.773	3	4	4
ปวดหลัง/ก้น/ต้นขาระหว่างการเดินทาง	3.778	3	4	4
พนักพิงไม่รองรับหลังได้ดี	3.745	3	4	4
เบาะไม่มีการรองรับส่วนหลัง	3.718	3	4	4
ระยะห่างระหว่างที่นั่งแคบเกินไป	3.653	3	4	4
แรงสั่นสะเทือนส่งผลต่ออาการเมื่อยล้า	3.612	3	4	4
โดยรวมรู้สึกไม่สะดวกสบาย	3.583	3	4	4
วัสดุเบาะทำให้นั่งแล้วร้อน	3.508	3	4	4



รูปที่ 2 แผนภาพพาเรโตในการจัดลำดับความสำคัญของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอาการปวด

จากผลการวิเคราะห์แบบพาเรโต (Pareto Analysis) พบว่าผู้โดยสารส่วนใหญ่มีอาการปวดบริเวณก้น หลัง และคอ คิดเป็นร้อยละ 84 ของอาการทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าค่าพื้นที่สะสมตามหลัก 80/20 จึงจัดเป็นกลุ่มอาการสำคัญที่มีผลต่อความเมื่อยล้าของผู้โดยสารรถไฟชั้น 3 มากที่สุด อาการทั้งสามจึงถูกคัดเลือกเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์แบบถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาค เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยโครงสร้างของเบาะ เช่น ความแข็งของเบาะ มุมพนักพิง ระยะห่างระหว่างที่นั่ง และแรงสั่นสะเทือน กับโอกาสการเกิดอาการปวดในตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย โดยวิธีดังกล่าวช่วยให้สามารถระบุปัจจัยเชิงวิศวกรรมที่มีผลต่ออาการปวดจริง และนำไปสู่การออกแบบเบาะต้นแบบที่รองรับสรีระได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาค

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาคเนื่องจากตัวแปรตามเป็นข้อมูลแบบเกิดอาการปวดหรือไม่เกิดอาการปวด ซึ่งเป็นข้อมูลแบบทวิภาค (Binary) เหมาะสมกับการวิเคราะห์โอกาสหรือความน่าจะเป็นของการเกิดอาการปวด (ปวด/ไม่ปวด) ในตำแหน่งต่าง ๆ ได้แก่ ปวดก้น ปวดหลัง

ส่วนเอว และปวดคอ จากแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่าง 400 คน ปัจจัยด้านโครงสร้างเบาะที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ความแข็งของเบาะ การรองรับหลัง ระยะห่างของที่นั่ง และความชันของพนักพิง ซึ่งเป็นปัจจัยที่พบว่ามีผลต่อการเกิดแรงกดสะสมตามผลการทดลองแผนที่แรงดัน (Pressure Mapping) บริเวณปุ่มกระดูกอิชเชียล แผ่นหลังส่วนล่าง และแผ่นหลังส่วนบน ดังนั้นการใช้การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาค จึงช่วยให้สามารถประเมินได้ว่าปัจจัยใดเพิ่มหรือลดโอกาสการเกิดอาการปวดได้อย่างมีนัยสำคัญ การวิเคราะห์ใช้ค่า Chi-square, Adj Dev และค่า p-value ในการพิจารณานัยสำคัญทางสถิติ เพื่อจัดลำดับปัจจัยที่มีผลต่ออาการเมื่อยล้าของผู้โดยสาร ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการพัฒนาโครงสร้างเบาะต้นแบบของรถไฟชั้น 3 ต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การรางผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาค

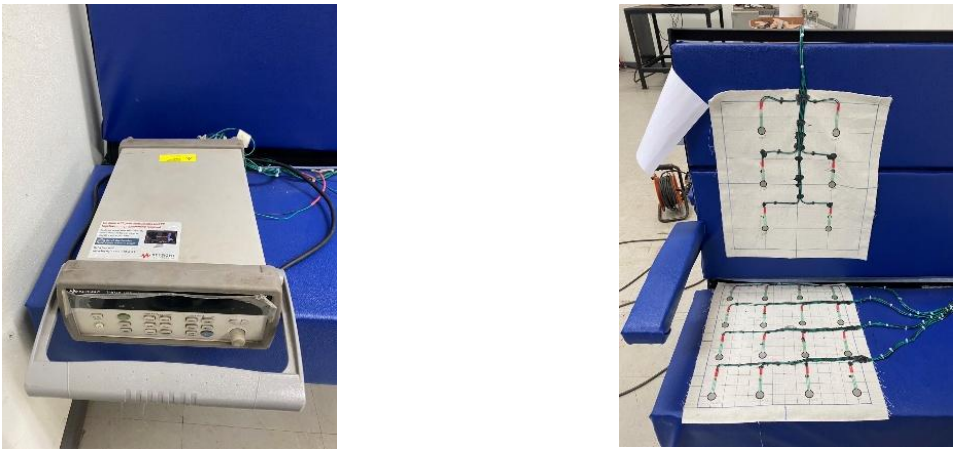
ปัจจัยหลัก	ปัจจัยร่วม	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
ปวดก้น	ที่นั่งแข็ง	1	6.084	6.084	6.08	0.014*
	เบาะไม่มีการร้องรับอย่างเหมาะสม	1	5.188	5.188	5.19	0.023*
	ระยะห่างระหว่างที่นั่ง	1	2.136	2.136	2.14	0.144
	พนักพิงไม่สามารถรองรับได้อย่างเหมาะสม	1	3.784	3.784	3.78	0.052
	วัสดุระบายอากาศไม่ดี	1	0.291	0.291	0.29	0.590
	แรงสั่นสะเทือนจากรถไฟ	1	13.10	13.099	13.10	0.000*
ปวดหลัง	ที่นั่งแข็ง	1	0.067	0.067	0.67	0.413
	เบาะไม่มีการร้องรับอย่างเหมาะสม	1	3.861	3.861	3.86	0.049*
	ระยะห่างระหว่างที่นั่ง	1	0.153	0.1526	0.15	0.696
	พนักพิงไม่สามารถรองรับได้อย่างเหมาะสม	1	0.993	0.9927	0.99	0.319
	วัสดุระบายอากาศไม่ดี	1	1.222	1.222	1.22	0.269
	แรงสั่นสะเทือนจากรถไฟ	1	9.690	9.690	9.69	0.002*
ปวดคอ	ที่นั่งแข็ง	1	0.411	0.411	0.41	0.521
	เบาะไม่มีการร้องรับอย่างเหมาะสม	1	0.243	0.243	0.24	0.622
	ระยะห่างระหว่างที่นั่ง	1	6.751	6.751	6.75	0.009*
	พนักพิงไม่สามารถรองรับได้อย่างเหมาะสม	1	1.733	1.733	1.73	0.188
	วัสดุระบายอากาศไม่ดี	1	0.224	0.2241	0.22	0.636
	แรงสั่นสะเทือนจากรถไฟ	1	4.649	4.649	4.65	0.031*
ปวดต้นขา	ที่นั่งแข็ง	1	0.001	0.001	0.00	0.971
	เบาะไม่มีการร้องรับอย่างเหมาะสม	1	0.953	0.953	0.95	0.329
	ระยะห่างระหว่างที่นั่ง	1	0.273	0.273	0.27	0.601
	พนักพิงไม่สามารถรองรับได้อย่างเหมาะสม	1	0.028	0.028	0.03	0.867

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยร่วม	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
	วัสดุระบายอากาศไม่ดี	1	1.261	1.261	1.26	0.262
	แรงสั่นสะเทือนจากรถไฟ	1	0.275	0.275	0.27	0.600

หมายเหตุ : * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05

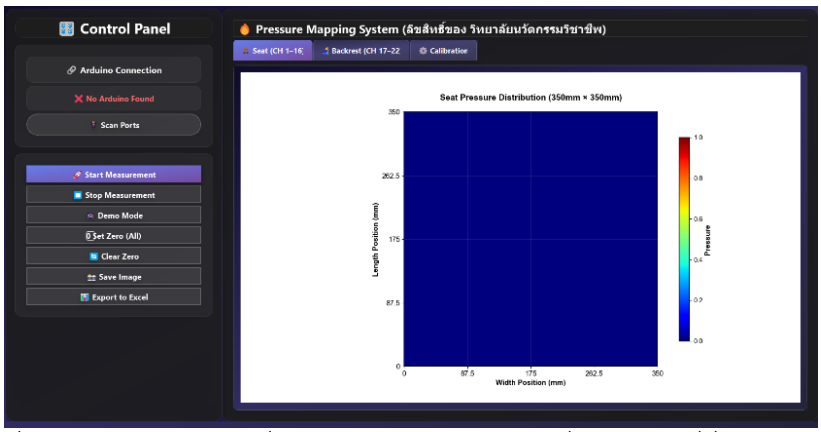
การตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงวิศวกรรม

การตรวจสอบความสอดคล้องจากข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการทำแบบสำรวจและการวิเคราะห์ผลทางสถิตินำมาทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบในเชิงวิศวกรรมโดยจะให้เทคนิควิธีการวัดการกระจายแรงที่เกิดขึ้นในพนักพิงหลังและที่นั่งของผู้โดยสารโดยใช้แผนที่แรงดัน (Pressure Mapping) ซึ่งจะเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยศึกษาข้อมูลจากอาสาสมัครจำนวน 10 คน ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 400 คน ดังตารางที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 61.95 กิโลกรัม SD 13.83 ทำการนั่งที่นั่งโดยสารรถไฟชั้น 3 โครงสร้างเดิมเพื่อนำมาเปรียบเทียบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อยืนยันปัจจัยที่ส่งผลต่อความเมื่อยล้าของผู้โดยสารและได้นำไปพัฒนาปรับปรุงได้ตรงประเด็นมากที่สุด โดยจะใช้แผนที่แรงดัง (Pressure Mapping) วางไว้ที่เบาะที่นั่งผู้โดยสารและพนักพิงหลังดังรูปที่ 3

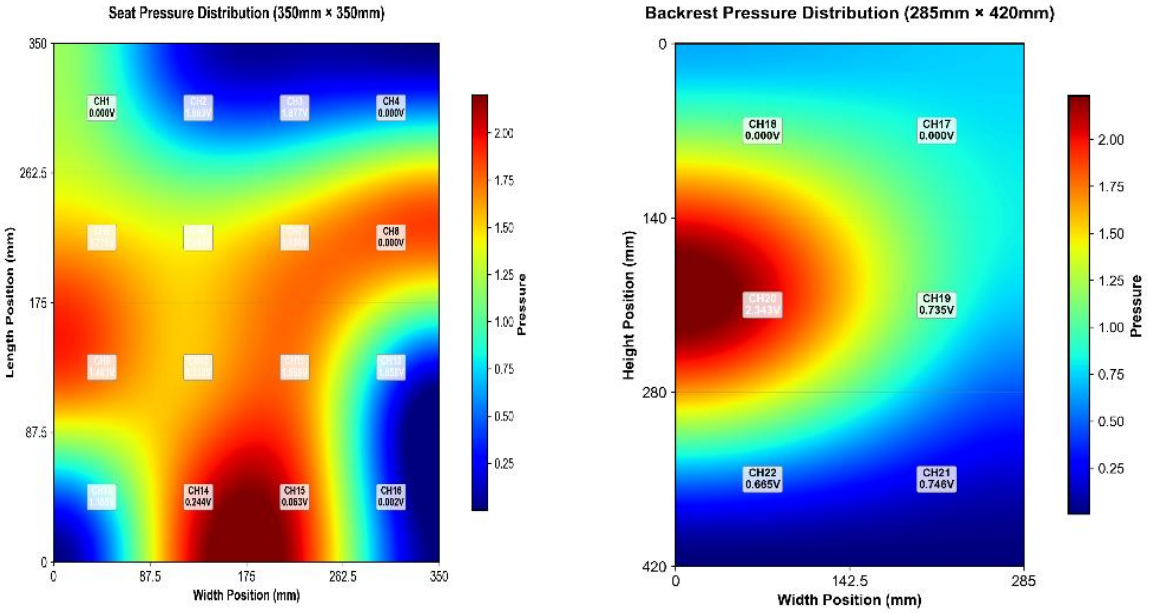


(ก) (ข)

รูปที่ 3 (ก) เครื่องบันทึกข้อมูลจากเซนเซอร์ยี่ห้อ Agilent 34972A (ข) แผนที่แรงดันติดตั้งบนที่นั่งผู้โดยสาร



รูปที่ 4 โปรแกรมที่คณะทีมวิจัยได้พัฒนาเพื่อวัดและสร้างแผนภาพแผนที่แรงดันของที่นั่งและพนักพิงหลัง



(ก) (ข)

รูปที่ 5 (ก) แผนภาพการกระจายน้ำหนักบนที่นั่งผู้โดยสาร (ข) แผนภาพการกระจายน้ำหนักบนพนักพิงของผู้โดยสาร

ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับการวัดและการสร้างภาพการกระจายแรงในแผนที่แรงดัน (Pressure Mapping) ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5 เพื่อให้เป็นงานง่ายต่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการศึกษาโดยให้อาสาสมัครนั่งที่นั่งผู้โดยสารคนละ 30 นาที เพื่อศึกษาพฤติกรรมการนั่งและศึกษาค่าการกระจายตัวของน้ำหนักที่เกิดขึ้นบนที่นั่งผู้โดยสารในขณะที่มีการนั่งโดยสาร

ผลการศึกษา

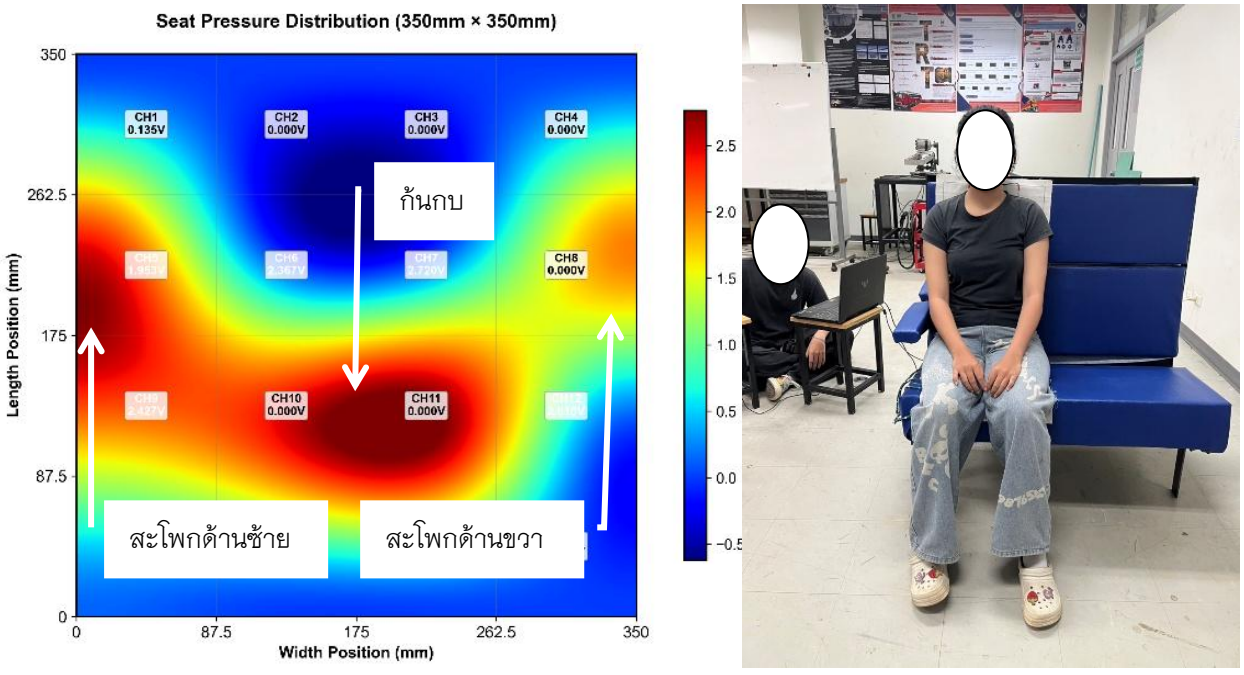
จากวิทยาการวิจัยที่ได้กล่าวในหัวข้อการการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากผู้โดยสารและการวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาค และการ การตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงวิศวกรรม จากตารางที่ 2 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซนไทล์ นั้นทำให้ทราบว่าในกลุ่มตัวอย่าง 400 คน นั้นรู้สึกปวดเมื่อยในระหว่างเดินทางเป็นระยะ ๆ เนื่องจากสภาพหรือโครงสร้างของเบาะมีผลต่อความเมื่อยล้าของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม และทำให้ทราบว่าอาการเมื่อยล้าที่เกิดนั้นเกิดจากอาการปวดหลัง ปวดก้น ปวดคอ ปวดต้นขา ปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการปวดนั้นเกิดจากปัจจัยของโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสาร เช่น ที่นั่งแข็งเกินไป พนักพิงไม่รองรับส่วนหลังได้เท่าที่ควร ระยะห่างระหว่างที่นั่งแคบเกินไป และวัสดุเบาะนั้นไม่ระบายความร้อนได้ดี

ผลจากการวิเคราะห์เชิงปริมาณจากแบบสอบถามนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของอาการปวดที่เกิดขึ้นของผู้โดยสารจากกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามด้วยแผนภาพพาเรโตและใช้เกณฑ์ 80/20 ในการเลือกอาการที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ ดังที่แสดงในภาพที่ 2 พบว่ามีจำนวน 4 อาการปวดที่เกิดขึ้นกับผู้โดยสารที่เรียบลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อย คือ ปวดก้น ปวดหลัง ปวดคือ และปวดต้นขา นำอาการปวดเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปัจจัยของโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารดังแสดงในตารางที่ 3 จะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถอถอยลอจิสติกแบบทวิภาค โดยกำหนดปัจจัยหลักคือ อาการปวด และปัจจัยร่วมคือ ปัจจัยของโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสาร ดังแสดงในตารางที่ 4

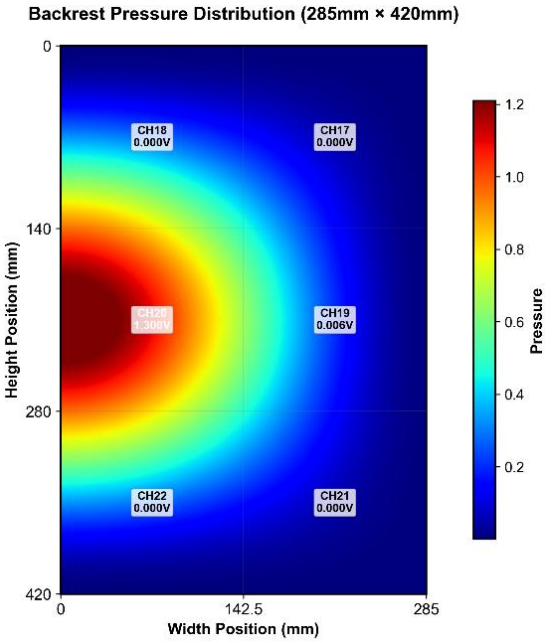
ตารางที่ 4 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาค

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยร่วม	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
ปวดก้น	ที่นั่งแข็ง	1	6.084	6.084	6.08	0.014
	เบาะไม่มีการร้องรับอย่างเหมาะสม	1	5.188	5.188	5.19	0.023
ปวดหลัง	เบาะไม่มีการร้องรับอย่างเหมาะสม	1	3.861	3.861	3.86	0.049
	แรงสั่นสะเทือนจากรถไฟ	1	9.690	9.690	9.69	0.002
ปวดคอ	ระยะห่างระหว่างที่นั่ง	1	6.751	6.751	6.75	0.009
	แรงสั่นสะเทือนจากรถไฟ	1	4.649	4.649	4.65	0.031

จากตารางที่ 4 วิเคราะห์ปัจจัยหลักอาการปวดก้น กับปัจจัยร่วมคือ ที่นั่งแข็ง พบว่ามีอิทธิพลกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า P-value 0.014 เมื่อพิจารณาข้อมูล Adj Dev และ Chi-Square นั้นมีค่าที่สูงทำให้บ่งชี้ได้ว่าความแข็งของเบาะมีผลอย่างชัดเจนต่อการเกิดอาการปวดก้นของผู้โดยสารและเมื่อทำการวิเคราะห์ผลเทียบกับแผนภาพจากแผ่นที่แรงดันที่แสดงการกระจายน้ำหนักของผู้โดยสารการการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่ามีการกระจุกตัวของน้ำหนักผู้โดยสารในบริเวณเบาะที่นั่งในบริเวณก้นกบ และสะโพกด้านซ้ายและขวา ดังรูปที่ 6 (ก) และ (ข) ซึ่งบริเวณดังกล่าวนั้นรับน้ำหนักของลำตัวของผู้โดยสารโดยตรงและไม่มีการกระจายตัวของน้ำหนังในส่วนพนักพิงหลังอย่างสม่ำเสมอซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเบาะไม่มีการองรับอย่างเหมาะสมจากรูปที่ 6 การกระจายตัวของน้ำหนักจากแผ่นหลังผู้โดยสารไม่สม่ำเสมอหรือพนักพิงหลังของที่นั่งผู้โดยสารไม่สามารถรองรับน้ำหนักของแผ่นหลังผู้โดยสารได้ดีจึงทำให้น้ำหนักลำตัวของผู้โดยสารไปกระจุดตัวอยู่ที่เบาะที่นั่งโดยเฉพาะบริเวณก้นกบ และสะโพกด้านซ้าย – สะโพกด้านขวา ซึ่งจะสอดคล้องกับปัจจัยร่วมด้านเบาะที่นั่งไม่มีการรองรับอย่างเหมาะสมมีอิทธิพลกันกับอาการปวดก้นกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า P-value 0.023



(ก) (ข)



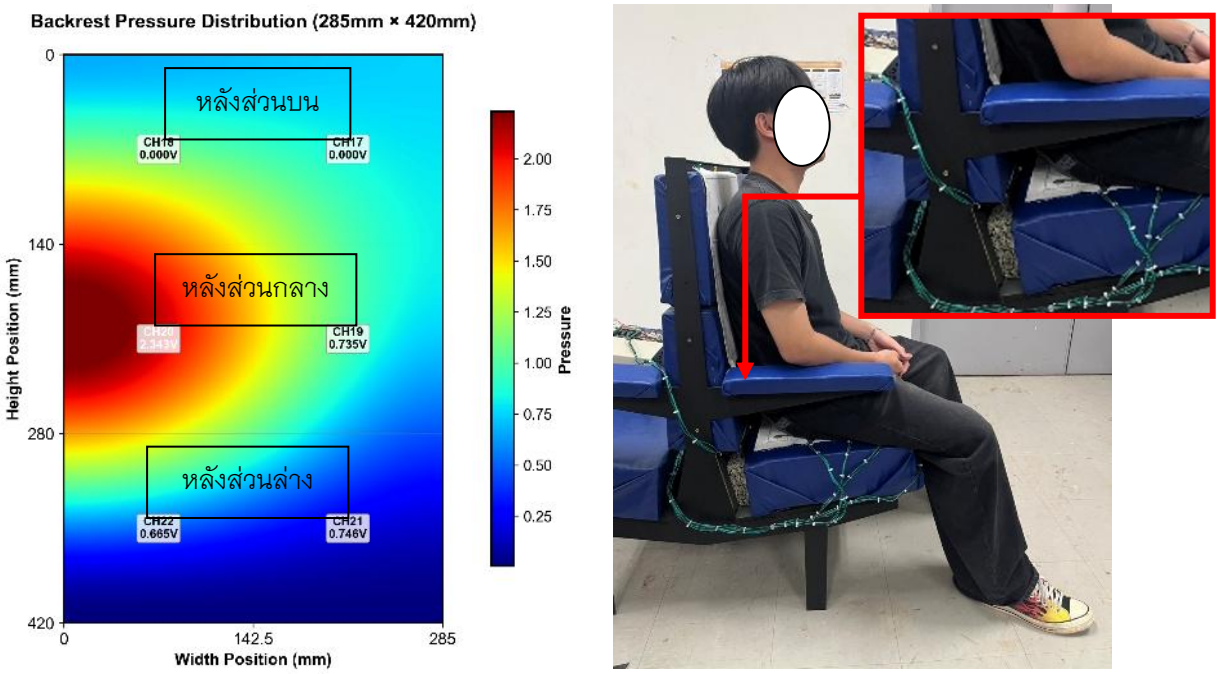
(ค)



(ง)

รูปที่ 6 (ก) การกระจุกต้องของน้ำหนักผู้โดยสาร (ข) ภาพด้านหน้าของอาสาสมัคร
(ค) ภาพการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอของน้ำหนักบนพนักพิงหลัง (ง) ภาพด้านข้างของอาสาสมัคร

อาการปวดเหลังเมื่อดูปัจจัยร่วมด้านเบาะไม่รองรับอย่างเหมาะสมพบว่ามีอิทธิพลกันกับอาการปวดหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า P-value 0.049 ค่า Chi-Square นั้นอยู่ในระดับกลางและมีนัยสำคัญ ค่า Adj Dev มีค่าที่สูงกว่าปัจจัยอื่นในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าปัจจัยนี้มีผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงของการปวดหลังอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อทำการวิเคราะห์ผลจากการกระจายน้ำหนักของผู้โดยสารหรืออาสาสมัครในการทดสอบให้ห้องปฏิบัติการพบว่าในมีการกระจุกตัวของแรงในบริเวณแผ่นหลังส่วนบนดังรูปที่ 7 (ก) ซึ่งหมายความว่าน้ำหนักบางส่วนของลำตัวได้กระจายลงพนักพิงหลังซึ่งเป็นหลังส่วนกลางและหลังส่วนบนแต่จะสังเกตุได้ว่าไม่มีการกระจายตัวในบริเวณส่วนเอว จากข้อมูลเชิงปริมาณและผลการวิเคราะห์ทางสถิติทำให้สรุปได้ว่าอาการปวดหลังนั้นจะเป็นอาการปวดหลังส่วนเอว เนื่องจากปัจจัยเบาะไม่มีการรองรับอย่างเหมาะสมโดยไม่มีเบาะรองรับน้ำหนักของลำตัวในบริเวณหลังส่วนเอวจึงทำให้แรงไม่มีการกระจายตัวในบริเวณดังกล่าว และสอดคล้องกันกับปัจจัยแรงสั่นสะเทือนของรถไฟที่ส่งผลทำให้เกิดอาการปวดหลังถึงแม้ว่าไม่ได้เป็นปัจจัยของโครงสร้างที่นั่งก็ตามแต่มันเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรงเนื่องจากว่าการสั่นสะเทือนของรถไฟนั้นเป็นการสั่นสะเทือนในแนวดิ่งทำให้เกิดแรงกระทำซ้ำ ๆ และสอดคล้องกันกับในบริเวณดังกล่าวนั้นไม่ได้มีเบาะรองรับหลังส่วนเอวจึงทำให้เกิดอาการปวดหลังเกิดขึ้นเมื่อเกิดการสั่นสะเทือนของรถไฟ



(ก) (ข)

รูปที่ 7 (ก) การกระจายน้ำหนักในพนักพิงหลัง (ข) เบาะที่นั่งผู้โดยสารที่ไม่มีการรองรับบนหลังส่วนล่าง

อาการปวดคอจากผลการวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติกสำหรับอาการปวดคอพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญมากที่สุดคือระยะห่างระหว่างที่นั่ง โดยมีค่า Chi-square เท่ากับ 6.75 และค่า P-value เท่ากับ 0.009 แสดงให้เห็นว่าการจัดระยะห่างของเบาะนั่งที่แคบทำให้ผู้โดยสารต้องนั่งชิดและเบียดกันมากขึ้น ส่งผลให้ผู้โดยสารจำเป็นต้องเอียงคอหรือก้มศีรษะหลบ ทำให้กล้ามเนื้อคอและไหล่เกิดการเกร็งตัวต่อเนื่องและหากสังเกตรูปที่ 6 (ง) และรูปที่ 7(ข) เบาะที่นั่งไม่มีตัวรองรับส่วนคอประกอบกับที่นั่งมีระยะห่างระหว่างผู้โดยสารแคบเกินไปทำให้ไม่สามารถขับพื้นที่หลังส่วนบนและคอได้อย่างสะดวกสบายจึงทำให้เกิดการปวดคอ และปัจจัยร่วมด้านการสั่นสะเทือนนั้นพบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.031 ซึ่งหมายความว่าการสั่นสะเทือนของตัวรถนั้นถึงแม้ว่าไม่เป็นปัจจัยของโครงสร้างเบาะที่นั่งโดยตรงแต่ว่าที่นั่งเองนั้นก็ไม่มีที่รองรับส่วนคอทำให้เมื่อรถเกิดการสั่นสะเทือนในแนวดิ่งก็จะทำให้ผู้โดยสารเกิดความล้าและเกิดการปวดคอได้อย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการศึกษาในเชิงปริมาณจากกลุ่มตัวอย่างประชากรจำนวน 400 คน ที่ใช้บริการรถไฟและนั่งในตู้รถไฟชั้น 3 ในเส้นทาง นครราชสีมา – หนองคาย, นครราชสีมา – อุบลราชธานี และ นครราชสีมา – บางซื่อ ที่ใช้เวลานั่งรถเฉลี่ยมากว่า 3 ชั่วโมง โดยการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเปอร์เซนไทล์ ทำให้ทราบว่าผู้โดยสารรู้สึกเมื่อยล้าจากการนั่งรถไฟและสาเหตุที่เกิดการเมื่อยล้าเนื่องมาจากสภาพของโครงสร้างเบาะที่นั่งทำให้เกิดการเมื่อยล้าและบริเวณจุด เช่น ปวดหลัง ปวดก้น ปวดคอ เป็นต้น และปัจจัยของโครงสร้างที่นั่งที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าคือ ที่นั่งแข็งเกินไป พนักพิงไม่รองรับหลัง ระยะห่างระหว่างที่นั่งแคบเกินไป และได้ทำการเรียงลำดับความสำคัญของอาการปวดเฉพาะจุดเพื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยร่วมเชิงสถิติโดยใช้แผนภาพพาเรโตจากข้อมูลที่ได้เก็บจากกลุ่มตัวอย่างประชากรโดยหลักเกณฑ์ 80/20 เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาซึ่งเรียงจากมากไปหาน้อยคือ การปวดก้น ปวดหลัง ปวดคอ และ ต้นขา จากนั้นทำการนำปัจจัยการปวดนั้นนำไปกำหนดเป็นปัจจัยหลักในการวิเคราะห์

ความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นแบบทวิภาค โดยมีปัจจัยร่วมเป็นปัจจัยด้านโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสาร จากผลการวิเคราะห์นั้นทำให้ทราบว่า อาการปวดก้นนั้นเกิดจากที่นั่งนั้นแข็งเกินไปและ เบาะไม่มีการรองรับหลังที่เหมาะสม เมื่อวิเคราะห์ผลร่วมกันกับแผนภาพการกระจายน้ำหนักจากแผนที่แรงดันพบว่าน้ำหนักของลำตัวผู้โดยสารจะไม่กระจายตัวทั่วพนักพิงหลังจึงทำให้น้ำหนักตัวส่วนใหญ่ลงไปอยู่ที่บริเวณก้นกบและบริเวณสะโพกด้านซ้ายและขวา จึงทำให้เกิดอาการปวดก้นเกิดขึ้น ในส่วนอาการปวดหลังนั้นเกิดจากเบาะที่นั่งผู้โดยสารนั้นไม่มีการรองรับหลังอย่างเหมาะสม เมื่อวิเคราะห์ร่วมกับภาพการกระจายน้ำหนักของพนักพิงหลังจากแผนที่แรงดันนั้นทำให้ทราบว่าน้ำหนักไม่ได้กระจายทั่วพนักพิงหลังโดยเฉพาะบริเวณหลังส่วนล่างหรือบริเวณเอว ทำให้ผู้โดยสารเกิดอาการปวดหลังบริเวณดังกล่าวและยังมีปัจจัยแรงสั่นสะเทือนจากรถไฟที่เป็นปัจจัยร่วมเนื่องจากแรงกระทำแนวดิ่งทำให้เกิดการกระแทกซ้ำ ๆ บวกกับบริเวณหลังส่วนล่างหรือบริเวณเอวนั้นไม่มีเบาะรองรับหลังที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดการปวดบริเวณนั้นเกิดขึ้นได้ ในส่วนการปวดคอนั้นเกิดจากระยะห่างระหว่างที่นั่งที่แคบทำให้เกิดการขยับหลังส่วนบนลำบากและอีกอย่างคือที่นั่งเดิมนั้นไม่มีที่รองรับส่วนโค้งเว้าบริเวณคอทำให้ผู้โดยสารเกิดความปวดคอได้ และสอดคล้องกันในปัจจัยการสั่นสะเทือนของตัวรถไฟซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลเดียวกันกับปัจจัยการปวดหลังที่เกิดแรงกระทำในแนวดิ่งผนวกกับไม่มีจุดรองรับส่วนคอจึงทำให้ผู้โดยสารเกิดการปวดในบริเวณดังกล่าว

จากผลการวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบถึงความไม่สอดคล้องกันระหว่างโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสารรถไฟชั้น 3 กับหลักสรีรศาสตร์ของผู้โดยสารอย่างชัดเจน โดยอาการปวดเฉพาะจุดที่เกิดขึ้น เช่น ปวดก้น ปวดหลัง และปวดคอล้วนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างเบาะและแรงสั่นสะเทือนจากการเดินรถ ซึ่งเป็นประเด็นที่ได้รับการยืนยันทั้งจากข้อมูลเชิงสถิติและผลการกระจายแรงจากแผนที่แรงดัน ความแข็งของเบาะและการรองรับหลังที่ไม่เพียงพอส่งผลให้แรงกดสะสมบริเวณก้นและบริเวณหลังส่วนล่าง ขณะที่ระยะห่างที่นั่งที่แคบและการขาดพื้นที่รองรับส่วนคอทำให้ผู้โดยสารต้องปรับท่านั่งผิดธรรมชาติ กระตุ้นให้เกิดความเกร็งของกล้ามเนื้อคอและไหล่ ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการออกแบบเบาะในปัจจุบันยังไม่รองรับสรีระผู้โดยสารในภาระการใช้งานจริง โดยเฉพาะการเดินทางระยะยาวเกิน 3 ชั่วโมง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบเบาะต้นแบบใหม่ที่ลดแรงกดสะสม รองรับรูปทรงสรีระได้ดีขึ้น และลดผลกระทบจากแรงสั่นสะเทือน เพื่อยกระดับความสบายและคุณภาพการโดยสารในระบบรถไฟชั้น 3 อย่างเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา และได้รับการช่วยเหลือข้อมูลด้านสถิตจากฝ่ายการเดินรถ การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล เพื่อให้งานวิจัยนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ตามที่ได้กำหนด และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแต่ผู้ใช้บริการรถไฟของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Ariëns, G. A. M., Bongers, P. M., Douwes, M., Miedema, M. C., Hoogendoorn, W. E., van der Wal, G., & van Mechelen, W. (2001). Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Occupational and Environmental Medicine, 58(3), 200–207. https://doi.org/10.1136/oem.58.3.200

Callaghan, J. P., & McGill, S. M. (2001). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. Ergonomics, 44(3), 280–294. https://doi.org/10.1080/00140130118276

Grandjean, E., & Kroemer, K. H. E. (1997). Fitting the task to the human: A textbook of occupational ergonomics (5th ed.). Taylor & Francis.

Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). Applied logistic regression (3rd ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118548387

International Organization for Standardization. (2008). ISO 2631-1: Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements. ISO.

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). Juran's quality handbook (5th ed.). McGraw-Hill.

Makhsous, M., Lin, F., Bankard, J., Hendrix, R., Hepler, M., & Press, J. (2007). Biomechanical effects of sitting with adjustable ischial support. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 88(6), 797–804. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.03.007

Yamane, T. (1973). Statistics: An introductory analysis (3rd ed.). Harper & Row.

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยชุดกิจกรรม STEM ศึกษาเรื่องวิศวกรบ้านลอยน้ำ

The effect of problem-solving learning process on the development of analytical thinking competency of lower secondary school students using the floating house engineer STEM activity kit

ศิริพร สว่างมงคลชัย[1] เรวัฒ ทะขันแก้ว[1] สิริพิชญ์ ภัทรางกุล[1] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2*]

Siriporn Sawangmongkochai[1], Rewat Thakhankeao[1], Siriphich Pattaranggool[1] and Panupat Chaiworn[2*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องวิศวกรบ้านลอยน้ำของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) พัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 โรงเรียนพันธสัญญา อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ one group pretest posttest design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" (2) แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (4) แบบประเมินทักษะการพัฒนาความคิดวิเคราะห์ (5) แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน และวิธีการทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent sample t-test analysis) ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวิศวกรบ้านลอยน้ำ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.00/80.00 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทักษะความคิดวิเคราะห์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา, สมรรถนะการคิดวิเคราะห์, ชุดกิจกรรมสเต็มศึกษา

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science (Science Teaching) Faculty of science and Technology Chiang Mai Rajabhat University Chiang Mai 50300

[2] Department of Physic and General Science Faculty of science and Technology Chiang Mai Rajabhat University Chiang Mai 50300

*Corresponding author: Panupat_Cha@g.cmru.ac.th

Abstract

The objectives of this research were 1) to construct a STEM Education Activity Package on the topic of Floating House Engineer for secondary school students to meet the efficiency criteria of 75/75, and 2) to develop the analytical thinking competency of secondary school students. The sample group consisted of 30 students secondary school 1–3 (Grades 7–9) at Phanthasanya School, Hang Dong District, Chiang Mai Province, during the first semester of the 2025 academic year. A one-group pretest-posttest design was utilized for the experiment. The research instruments included: (1) The learning activity package on "Floating House Engineer" (2) STEM education lesson plans (3) An achievement test (4) An analytical thinking development skill assessment form; and (5) A teamwork skill assessment form. Data analysis employed basic statistics and statistical methods, specifically the dependent sample t-test. The research findings revealed that the "Floating House Engineer" learning activity package had an efficiency of 80.00/80.00, which met the established criteria. The students' post-test learning achievement was significantly higher than their pre-test scores at the .05 level of statistical significance. Furthermore, both the students' analytical thinking skills and teamwork skills after the intervention were significantly higher than before the intervention at the .05 level of statistical significance

Keywords: Problem-Solving Process Learning Management, Analytical Thinking, STEM Education Activity Package.

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 สถานการณ์โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคสมัยนี้ด้านการศึกษานับว่ามีผลมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและวิทยาการต่าง ๆ และมีบทบาทสำคัญในการพัฒนามนุษย์ ศตวรรษที่ 21 การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นประเด็นสำคัญเป็นอย่างมากในกระบวนการจัดการเรียนรู้ยุคสมัยใหม่ เพราะทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานของการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ปรับปรุง 2560) ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ STEM ศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางที่ได้บูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เป็นการสร้างการเรียนรู้จากการลงมือทำและส่งเสริมกระบวนการคิดระดับสูง (องคมนตรีสุเมธ ตันติเวชกุล, 2559) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2561) กล่าวว่า STEM ช่วยพัฒนาทักษะและคุณลักษณะการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ และอีกทั้งช่วงระดับมัธยมศึกษาตอนต้นผู้เรียนมักจะขาดทักษะคิดและการแก้ปัญหาในการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริง ขาดทักษะคิดวิเคราะห์ และการออกแบบการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ (กนกวรรณ, 2563) จึงเกิดความจำเป็นที่จะต้องพัฒนากิจกรรมที่สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ใกล้เคียงชีวิตจริง โดยใช้ชุดกิจกรรม STEM ศึกษาเรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" กิจกรรมดังกล่าวเป็นชุดกิจกรรมที่จำลองสถานการณ์จริงให้ผู้เรียนได้เกิดการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล (ศศิธร, 2562)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันผ่านการแก้ปัญหา โดยมีหลักการสำคัญคือการใช้บริบทจริง การสืบเสาะ การออกแบบเชิงวิศวกรรม และการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องอย่างยิ่งกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา (Problem-Based Learning) ที่มุ่งให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์จริง ค้นคว้าหาความรู้ และพัฒนาทักษะการคิด

วิเคราะห์เพื่อวางแผนและตัดสินใจอย่างมีเหตุผล การบูรณาการ PBL กับ STEM จึงทำให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ข้ามศาสตร์ผ่านชุดกิจกรรมที่ออกแบบให้มีบริบทปัญหา วัสดุ อุปกรณ์ และสถานณ์ที่ท้าทาย ซึ่งชุดกิจกรรม STEM เรื่อง “วิศวกรบ้านลอยน้ำ” เป็นตัวอย่างของการใช้สถานการณ์น้ำท่วมให้ผู้เรียนออกแบบฐานลอยน้ำ และวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุ ทดสอบความลอยตัว และสรุปผลด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วยขั้นนำเสนอสถานการณ์ ระดมแนวคิด ออกแบบ สร้างต้นแบบ ทดสอบ ปรับปรุง และสะท้อนผลการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถาม ออกแบบการทดลอง และสร้างเหตุผลตามหลักวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เรียนรู้การลงมือทำจริง การทำงานร่วมกัน และการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับงานวิจัย PBL/STEM ของ Saad (2022) และงานวิจัยเกี่ยวกับแนวโน้มสะเต็มศึกษาในประเทศไทยของ (Chatri และคณะ, 2023) ต่างยืนยันว่าการใช้กิจกรรมสะเต็มผสานกระบวนการแก้ปัญหาช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์การคิด และความเข้าใจเชิงลึกของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาผ่านชุดกิจกรรม STEM เรื่องวิศวกรบ้านลอยน้ำ นับว่าเป็นแนวทางที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้เป็นอย่างดี

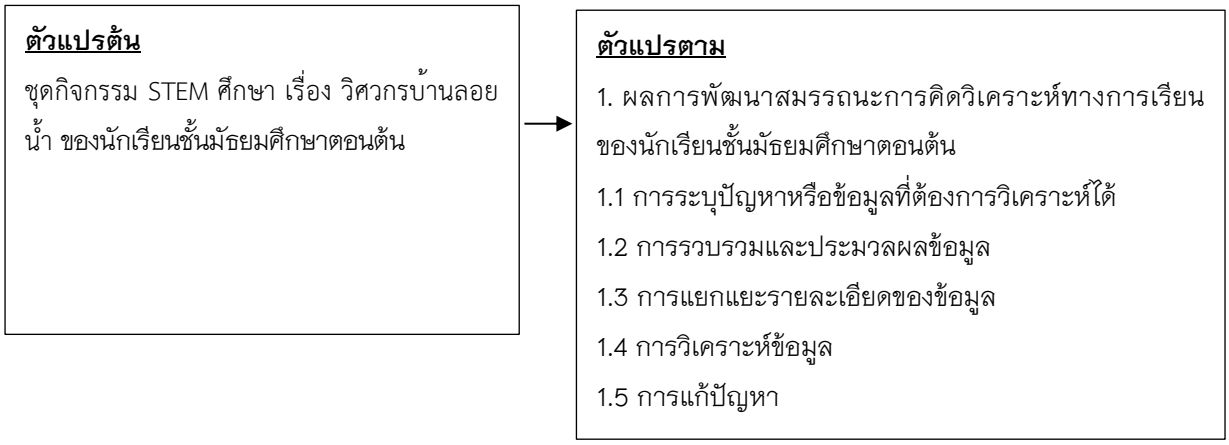
จากเหตุผลดังกล่าวที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำการวิจัย เรื่องผลของการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยชุดกิจกรรม STEM ศึกษา เรื่องวิศวกรบ้านลอยน้ำ ในกลุ่มนักเรียนชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพันธสัญญา อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพบว่านักเรียนกลุ่มนี้ยังคงมีผลการประเมินทักษะด้านความคิดวิเคราะห์ในระดับที่ต้องพัฒนาเมื่อเทียบกับศักยภาพที่ควรจะเป็น ด้วยเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าววัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือการศึกษาและพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายผ่านรูปแบบชุดกิจกรรม STEM เรื่องวิศวกรบ้านลอยน้ำ และการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น อีกทั้งยังส่งผลต่อการพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพ และมีความรู้ความสามารถได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 และนำผลการวิจัยที่ได้รับไปใช้ในการพัฒนาการเรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรม STEM ศึกษา เรื่อง วิศวกรบ้านลอยน้ำ ที่มีต่อกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นผ่านรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม STEM ศึกษา เรื่อง วิศวกรบ้านลอยน้ำ

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

กรอบแนวคิดนี้เป็นแบบแผนการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) โดยมีตัวแปรดังนี้: นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านการเรียนด้วยชุดกิจกรรม STEM ศึกษา เรื่อง วิศวกรบ้านลอยน้ำ พบว่าชุดกิจกรรม มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ทำให้พัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนที่สูงขึ้น โดยมีกรอบแนวคิดของงานวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา สังกัดการศึกษาเอกชน ในอำเภอ หางดง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพันธสัญญา อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน และกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพันธสัญญา อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 17 คน ได้มาโดยวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม ได้แก่ บ้านน้อยลอยน้ำ, น้ำมาแล้วสร้างฐานบ้านกันเถอะ, ใบพัดพาแพ และบ้านทนคลื่น ซึ่งประกอบด้วยใบงานและใบความรู้ และแบบประเมินและทักษะการทำงานเป็นทีม ผ่านการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กิจกรรม "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" ผู้วิจัยมีวิธีการสร้างแบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาและสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ นำเครื่องมือเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบเครื่องมือ พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สะเต็มศึกษามีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 1.00 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 0.67 – 1.00 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 0.67 – 1.00 และแบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาและสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ0.67 – 1.00 ค่าความเชื่อมั่น 0.8589 เท่ากันทั้งฉบับ จากนั้นนำเครื่องมือไปใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 17 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือก่อนจะนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง พบว่า มีประสิทธิภาพดังนี้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เท่ากับ 80.00/80.00 และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เท่ากับ 86.35/87.29 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 สามารถนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง เพื่อที่จะนำชุดกิจกรรมไปหาประสิทธิภาพโดยวัดจากกิจกรรมในการสอนและใบงาน ผ่านกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม ได้แก่ บ้านน้อยลอยน้ำ, น้ำมาแล้วสร้างฐานบ้านกันเถอะ, ใบพัดพาแพ และบ้านทนคลื่นโดยชุดกิจกรรมมี

ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ขึ้นไป แล้วนำผลที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ทำการทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่สร้างขึ้น ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" เพื่อที่จะนำชุดกิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ไปหาประสิทธิภาพ โดยวัดจากกิจกรรมในการสอนและใบงาน โดยชุดกิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ขึ้นไป พร้อมประเมินความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการทำงานเป็นทีม ด้วยแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีม และทำการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ที่สร้างขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสถิติที่ใช้คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ"ใน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพันธสัญญา อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ตามเกณฑ์ 75/75 โดยหาค่า E1/E2 วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) – หลังเรียน (Post-test) และวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีเทสแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample t-test)

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC)

เรื่อง	ค่า IOC	การแปรผล
ชุดกิจกรรม เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ"	0.67	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education)	1.00	ใช้ได้
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลัง	0.67	ใช้ได้
แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา	1.00	ใช้ได้
แบบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์	0.67	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) ของชุดกิจกรรม เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" โดยผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งได้ผ่านการตรวจแก้ไขเกี่ยวกับความถูกต้องและความสอดคล้อง พร้อมทั้งได้ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้ค่า IOC เท่ากับ 0.67 แปรผลใช้ได้ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 1 แผน ใช้เวลา 3 ชั่วโมง มีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เท่ากับ 1.00 แปรผลใช้ได้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลัง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ เท่ากับ 0.67 แปรผลใช้ได้ แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา และสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เท่ากับ 0.67 – 1.00 แปรผลใช้ได้ จึงนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดการศึกษาเอกชนศึกษา อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

รายการ	ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ	แปลผล
ชุดกิจกรรม เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ"	E_1	15	80.00	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	15	80.00	สูงกว่าเกณฑ์
แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	E_1	25	86.35	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	25	87.29	สูงกว่าเกณฑ์

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยพิจารณาจากค่า E_1/E_2 โดยค่า E_1 คือค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ และค่า E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าชุดกิจกรรม เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับร้อยละ 80.00 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับร้อยละ 80.00 แสดงว่าชุดกิจกรรม เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.00/80.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับร้อยละ 86.35 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับร้อยละ 87.29 แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 86.35/87.29 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลการพัฒนาทางการเรียนและทักษะก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้รับจากนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ "STEM–วิศวกรบ้านลอยน้ำ"

รายการประเมิน	การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	t	Sig.
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ก่อนเรียน	30	20	8	15	11.60	1.95	4.05	0.00
	หลังเรียน	30	20	11	19	13.83	2.18		
ทักษะการแก้ปัญหา	ก่อนเรียน	30	15	8	14	11.23	1.73	4.94	0.00
	หลังเรียน	30	15	10	15	13.26	1.43		
สมรรถนะการคิดวิเคราะห์	ก่อนเรียน	30	20	10	18	14.03	2.20	2.76	0.00
	หลังเรียน	30	20	14	20	16.97	2.28		

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลการพัฒนาทางการเรียนและทักษะก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้รับจากนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" พบว่าเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 11.60 และ 13.83 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างของก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 2.23 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พิจารณาทักษะการแก้ปัญหา พบว่าเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 11.23 และ 13.26 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างมีค่าเท่ากับ 2.03 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พิจารณาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ พบว่าเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 14.03 และ 16.97 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างมีค่าเท่ากับ 2.94 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปผลและอธิปรายผล

1. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม STEM ศึกษา เรื่อง วิศวกรบ้านลอยน้ำ ต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีค่าประสิทธิภาพ(E1/E2) 80.00/80.00 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยเมื่อพิจารณาจากแบบทดสอบหลังเรียนจากชุดกิจกรรม เรื่อง "วิศวกรบ้านลอยน้ำ" ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) สูงสุดคือ ร้อยละ 80.00 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการและทักษะการแก้ปัญหาที่เพิ่มขึ้น จากการใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการร่วมกันกับชุดกิจกรรม Stam ศึกษา โดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการใช้เหตุผล การประยุกต์ใช้ความรู้ และการหาทางออกสำหรับปัญหาที่ซับซ้อนในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงด้วยสถาณการณ์จำลอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (กัญญ์ณพัชญ์ ศรีธรรมา และคณะ, 2567) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking: HOT–PRB) ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking: HOT–PRB) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นั้นมีค่าประสิทธิภาพที่สูง โดยคิดเป็นร้อยละ 80.65 จากการศึกษาหลักการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ รวมถึงการวัดและประเมินผลตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า ชุดกิจกรรม STEM ศึกษา เรื่อง วิศวกรบ้านลอยน้ำ ช่วยกระตุ้นความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน อีกทั้งยังสร้างความสนุกสนานและผ่อนคลาย ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า จนสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้และพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง จากการศึกษาพบว่ามีค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 86.35/87.29 โดยเมื่อพิจารณาจากแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) สูงสุดคือ ร้อยละ 87.29 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (มจีรยา บุญชู และคณะ, 2564) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องบ้านลอยน้ำติดไฟแอลอีดี พบว่า มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 84.72 ซึ่งเป็นการใช้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักการเรียนร่วมกัน

2. การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นผ่านรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม STEM ศึกษา เรื่อง วิศวกรบ้านลอยน้ำ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการวิเคราะห์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากมีคะแนนผลการพัฒนาสมรรถนะการวิเคราะห์ทางการเรียนก่อนเรียนเฉลี่ย 14.03 (SD = 2.20) และคะแนนผลการพัฒนาสมรรถนะการวิเคราะห์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ย 16.97 (SD = 2.28) คิดเป็นร้อยละ 80.00 โดยเมื่อผู้เรียนผ่านการใช้ชุด

กิจกรรม STEM ศึกษา เรื่อง วิศวกรบ้านลอยน้ำ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความ รู้ และความเข้าใจ ในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (มงคลสุภาและ คณะ, 2567) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุหรรษาท้าวิศวกรน้อยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปี ที่4 พบว่านักเรียนมีผลของการคิดวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้ว่าชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและคุณภาพในระดับในระดับมากที่สุด และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวคิดสเต็มศึกษา ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์โดยเน้นการลงมือปฏิบัติจริง ผ่านสถาณการณ์ปัญหาทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ และสอดคล้องกับ (กัญญ์ณพัชญ์ ศรีธรรมา และคณะ, 2567) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking: HOT–PRB) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนอยู่ที่ 16.13 (คิดเป็นร้อยละ 80.65) ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ 9.03 (คิดเป็นร้อยละ 45.15) การเพิ่มขึ้นของผลสัมฤทธิ์นี้เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อีกทั้งการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษานั้นเป็นการบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมเข้าด้วยกัน และส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ฝึกการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยใช้ความรู้เดิมและค้นคว้าความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย ครูจึงต้องทำความเข้าใจกับนักเรียน ชี้แจงให้เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนในชั้นเรียนให้ชัดเจนเป็นอย่างดีก่อน เป็นการสร้างความพร้อมให้กับนักเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการออกแบบชุดกิจกรรม ครูจะต้องศึกษาเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดกิจกรรมนั้น ๆ ให้เข้าใจ ศึกษารายละเอียดเนื้อหา ข้อมูลก่อนนำไปใช้จริง จะได้ช่วยแก้ปัญหาที่นักเรียนพบขณะทำกิจกรรม

2. ในช่วงของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ถ้านักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ครูควรกระตุ้นด้วยการตั้งคำถามที่หลากหลาย และเสริมแรงจูงใจด้วยคำชม การให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสมรรถนะ การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยชุดกิจกรรม STEM ศึกษาเรื่อง วิศวกรบ้านลอยน้ำ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และโรงเรียนพันธสัญญา จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กัญญ์ณพัชญ์ ศรีธรรมา, และ วัฒนา พรหมเพชร. (2567). การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking: HOT–PRB) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. **วารสารมนุษยสังคมปริทัศน์**, ปีที่ 6 ฉบับที่ 2, หน้า 17–28.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). **กรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561)**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

มจีรยา บุญชู, ธีระพงษ์ ทิพยรัตน์, และ ณรงค์พล ยศปัญญา. (2564). กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านลอยน้ำติดไฟแอลอีดี. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 "วิถีพุทธ วิถีชุมชน รากฐานชีวทัศน์เชิงสังคมล้านนาในสังคมวิถีใหม่** (น. 53–63). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.

มงคลสุภา, จ., และ หาญขจรสุข, ส. (2567). การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุหรรษาท้าวิศวกรน้อย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. **วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 19(2), 195–210.

Cunningham, C. M., & Hester, D. M. (2017). Engineering design process and STEM integration. **The Elementary School Journal**, *118*(1), 143–162.

Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, P. (2009). **STEM education: A definition**. Institute for Advanced Studies in Science and Technology Policy.

การศึกษาระดับ TPACK และปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

A study of the TPACK level and factors affecting the TPACK level of upper secondary physics teachers in Mueang District, Chiang Mai Province

ทรงภพ ปินตาจันทร์[1] ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2*] และ ชาญวิทย์ คำเจริญ[2]

Songphop Pintachan[1], Panupat Chaiworn[2*] and Chanwit Kamcharean[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (TPACK) ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยครูฟิสิกส์จำนวน 30 คน จากหลายช่วงอายุและระดับการศึกษา ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่าที่ประเมินองค์ประกอบต่าง ๆ ของ TPACK ทั้ง 7 ด้าน และวิเคราะห์ 4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK โดยใช้ค่าสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่าครูฟิสิกส์มีระดับ TPACK โดยรวมอยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะองค์ประกอบ PK (M = 4.50) และ PCK (M = 4.21) ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ครูฟิสิกส์มีความสามารถในการบูรณาการเนื้อหาวิชาและวิธีการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบด้านการบูรณาการเทคโนโลยีและเนื้อหา (TCK) มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 3.88) ซึ่งบ่งชี้ว่าครูยังคงพบความท้าทายในการใช้เทคโนโลยีในการสอนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

นอกจากนี้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK มากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญและประสบการณ์สอน ในขณะที่ปัจจัยด้านเพศมีผลน้อยที่สุด ข้อค้นพบเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาครูฟิสิกส์ให้สามารถบูรณาการเทคโนโลยีกับเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น พร้อมกับการส่งเสริมการฝึกอบรมที่เน้นการใช้เทคโนโลยีในการสอน

คำสำคัญ: TPACK, ฟิสิกส์, การบูรณาการ, เทคโนโลยี

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science (Science Teaching) Faculty of science and Technology Chiang Mai Rajabhat University Chiang Mai 50300

[2] Department of Physic and General Science Faculty of science and Technology Chiang Mai Rajabhat University Chiang Mai 50300

*Corresponding author: Panupat_Cha@g.cmru.ac.th

Abstract

This study aims to explore the levels of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in high school physics teachers and analyze factors influencing TPACK levels. The sample consisted of 30 physics teachers of diverse age ranges and educational backgrounds from the Mueang district, Chiang Mai Province. Data were collected through a Likert-scale questionnaire assessing seven TPACK components and analyzed four factors affecting TPACK levels using descriptive statistics, including mean, standard deviation, and percentage.

Results indicated that the overall TPACK level of physics teachers was high, particularly in Pedagogical Knowledge (PK) (M = 4.50) and Pedagogical Content Knowledge (PCK) (M = 4.21), aligning with the initial hypothesis. Teachers demonstrated strong abilities in integrating subject content with effective teaching methods. However, the Technological Content Knowledge (TCK) component scored the lowest (M = 3.88), suggesting that teachers face challenges in applying technology to physics instruction.

Additionally, the factor most affecting TPACK levels was teaching expertise and experience, while gender had minimal impact. These findings highlight the importance of enhancing physics teachers' skills in integrating technology with content through targeted technology-based teaching training programs.

Keywords: TPACK, Physics, Integration, Technology

บทนำ

สถานการณ์การระบาดของ COVID-19 ได้เปลี่ยนแปลงวิถีการศึกษาของโรงเรียนทั่วโลกอย่างสิ้นเชิง ตามนโยบายการจัดการเรียนการสอนภายใต้สถานการณ์โควิด-19 ที่เป็นหลักคิดสู่การปฏิบัติว่า “การเรียนรู้นำการศึกษา โรงเรียนอาจหยุดได้ แต่การเรียนรู้หยุดไม่ได้ และใช้การเรียนการสอนทางไกล โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด” (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2563) นโยบายที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางไกลผ่านสื่อออนไลน์โดยใช้ทรัพยากรที่มีให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นหลักการที่ช่วยให้การเรียนรู้สามารถดำเนินไปได้แม้จะไม่ได้อยู่ในห้องเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนและผู้สอนทำงานจากที่ไหนก็ได้ และยังขับเคลื่อนให้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้นในกระบวนการศึกษาในอนาคต ในแง่ของการจัดการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ถือว่าเป็นหนึ่งในวิชาที่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงและมีโอกาสพัฒนากระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์ด้วยการลงมือปฏิบัติจริง การออกแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมต้องคำนึงถึงการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเข้ากับความรู้ใหม่ผ่านการสำรวจและค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งการใช้เทคโนโลยีสามารถช่วยในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียน (กมลชนก ชัยชนะ และปกรณ์ ประจัญบาน, 2561)

ด้วยความสำคัญของเทคโนโลยีในการเรียนการสอน TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) จึงกลายมาเป็นกรอบแนวคิดสำคัญที่ช่วยให้ครูผู้สอนบูรณาการความรู้ในเนื้อหา (Content Knowledge: CK) วิธีการสอน (Pedagogical Knowledge: PK) และเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) เข้าด้วยกัน ซึ่งการบูรณาการนี้ช่วยให้ครูสามารถออกแบบการสอนที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพมากขึ้น ครูผู้สอนสามารถใช้เทคโนโลยีในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเฉพาะในช่วงสถานการณ์ COVID-19 ที่เทคโนโลยีถูกใช้อย่างกว้างขวางเพื่อเอื้อต่อการสอนออนไลน์อย่างไร้ขีดจำกัดในด้านเวลาและสถานที่ (สุรัสวดี ควรหา และ สุกัญญา แซ่มซ้อย, 2562) การนำ TPACK มาใช้ในวิชา

ฟิสิกส์จึงเป็นสิ่งที่ช่วยให้การสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ด้วยตัวเอง รวมถึงพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

การพัฒนา TPACK ของครูฟิสิกส์ให้อยู่ในระดับสูงจำเป็นต้องศึกษาทั้งระดับของ TPACK ที่ครูมีอยู่ในปัจจุบันและปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งจะช่วยให้สามารถระบุจุดแข็งและจุดที่ควรพัฒนาได้อย่างชัดเจน การบูรณาการ TPACK ครอบคลุมความรู้ด้านเนื้อหา (CK), การสอน (PK), และเทคโนโลยี (TK) โดยที่องค์ประกอบทั้งสามนี้จะต้องทำงานร่วมกันอย่างสอดคล้องกันในการสอนฟิสิกส์ ซึ่งเป็นวิชาที่ซับซ้อนและต้องการความเข้าใจในระดับสูง รวมถึงการใช้สื่อการสอนและวิธีการที่ช่วยเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน การวิเคราะห์ระดับและปัจจัยของ TPACK ของครูจะช่วยให้เราเข้าใจได้ว่า องค์ประกอบใดของ TPACK ที่ครูฟิสิกส์อาจมีความชำนาญมากที่สุดและองค์ประกอบใดที่ต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม เช่น ครูอาจมีความเชี่ยวชาญในด้านการสอน (PK) อยู่แล้ว แต่ยังขาดความรู้ในการใช้เทคโนโลยีเพื่อเสริมการสอน (TK) การศึกษาปัจจัยเหล่านี้ เช่น ประสบการณ์ในการสอน การฝึกอบรมการใช้เทคโนโลยี และความพร้อมทางเทคโนโลยีในโรงเรียน จะเป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อสนับสนุนการพัฒนาครูให้มีความสามารถในการใช้ TPACK อย่างครบถ้วน การศึกษาปัจจัยเหล่านี้จะช่วยให้องค์กรการศึกษาและผู้พัฒนาหลักสูตรสามารถกำหนดแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะ TPACK ของครู โดยมุ่งเน้นไปที่การฝึกอบรมเฉพาะด้าน เช่น การใช้งานเทคโนโลยีเฉพาะทางด้านการศึกษา การพัฒนาทักษะการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาฟิสิกส์ หรือการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีเพื่อเสริมการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนในยุคปัจจุบัน เนื่องจากสามารถสร้างการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและปรับตัวได้ดี ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีของครูจึงเป็นหัวใจสำคัญในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยเฉพาะในวิชาที่ต้องอาศัยการทำความเข้าใจเชิงลึก เช่น ฟิสิกส์ การที่ครูสามารถนำความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) ความรู้เนื้อหา (CK) และความรู้ด้านการสอน (PK) มาผสานกัน หรือที่เรียกว่า TPACK จะช่วยให้ครูสามารถสอนเนื้อหาที่ซับซ้อนและปรับให้เหมาะกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้สื่อที่เป็นดิจิทัลแอปพลิเคชันการเรียนรู้เสมือนจริง หรือการทำกิจกรรมการทดลองผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ในบริบทของศตวรรษที่ 21 ซึ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการใช้เทคโนโลยี การมี TPACK ที่แข็งแกร่งจะช่วยให้ครูสามารถนำเทคนิคการสอนที่สอดคล้องกับทักษะเหล่านี้มาใช้ในการสอนและพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม ระดับ TPACK ของครูแต่ละคนอาจแตกต่างกันไปตามปัจจัย เช่น ประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยี ความถี่ในการฝึกอบรม และการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีจากโรงเรียน ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับระดับและปัจจัยที่ส่งผลต่อ TPACK ของครูจึงมีความสำคัญอย่างมากในการกำหนดแนวทางพัฒนาครู ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาระดับและปัจจัยที่มีผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปสนับสนุนการพัฒนา TPACK ในทุกองค์ประกอบ ซึ่งจะช่วยให้ครูสามารถปรับการสอนให้เหมาะกับสถานการณ์ได้ดียิ่งขึ้น ตอบสนองต่อความท้าทายในยุคการศึกษา 4.0 และสามารถพัฒนาทักษะของผู้เรียนให้สอดคล้องกับความต้องการของศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับความรู้ในด้านการบูรณาการเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (TPACK) ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

กรอบแนวคิด

ในการวิจัยวัดระดับและปัจจัย ที่ส่งผลต่อการใช้ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีกรอบแนวคิดสองส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนที่หนึ่ง ระดับ TPACK ซึ่งแบ่งเป็น 7 องค์ประกอบตามโมเดล TPACK ดังนี้ ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) ความรู้ด้านวิชาครู (Pedagogical Knowledge: PK) ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและวิชาครู (Technological Pedagogical Knowledge: TPK) ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและเนื้อหา (Technological Content Knowledge: TCK) ความรู้ในการบูรณาการด้านเนื้อหาและวิชาครู (Pedagogical Content Knowledge: PCK) ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยี ด้านวิชาครู และด้านเนื้อหา (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) ในส่วนที่สอง ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อระดับ TPACK ประกอบด้วย ปัจจัยด้านเพศของผู้สอน ปัจจัยด้านประสบการณ์สอน ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะบุคคล ปัจจัยด้านส่วนตัวและในองค์กร กรอบแนวคิดนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ ซึ่งจะช่วยในการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการพัฒนา TPACK

สมมุติฐาน

1. ระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะองค์ประกอบ PK (ความรู้ด้านวิชาครู) และ PCK (ความรู้ในการบูรณาการด้านเนื้อหาและวิชาครู) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ
2. ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะบุคคลและประสบการณ์สอนส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมากกว่าปัจจัยด้านเพศ

วิธีวิทยาการวิจัย

ในการวัดระดับและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยมีวิธีวิทยาการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1. ประชากร : ครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 100 คน

1.2. กลุ่มตัวอย่าง : ครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 30 คน การได้มาของกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบวัดระดับและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยีของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีอยู่ 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ตอนที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยี ด้านวิชาครูและด้านเนื้อหาของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษารวบรวมทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ เรียบเรียง และสร้างแบบสอบวัดระดับและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครู หลังจากนั้นนำแบบสอบวัดระดับและปัจจัยที่ผ่านเกณฑ์ ความถูกต้องและความครอบคลุมของเนื้อหา ไปดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสามารถรวบรวมได้จำนวน 30 ฉบับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

ผลการศึกษา

จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ประกอบด้วยเพศชาย จำนวน 14 คน เพศหญิง จำนวน 16 คน ช่วงอายุ 21–25 ปี จำนวน 4 คน ช่วงอายุ 26–30 ปี จำนวน 6 คน ช่วงอายุ 31–35 ปี จำนวน 7 คน ช่วงอายุ 36–40 ปี จำนวน 8 คน ช่วงอายุ 41–45 ปี จำนวน 3 คน ช่วงอายุ 46–50 ปี จำนวน 2 คน ระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 18 คน และปริญญาโท จำนวน 12 คน ผลของการตอบแบบสอบถามวัดระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ทั้ง 7 องค์ประกอบ ได้แก่ CK, PK, TK, TPK, TCK, PCK และ TPACK ครูฟิสิกส์มีระดับ TPACK ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี(TPACK) ของครูฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

องค์ประกอบ	M	S.D.	ระดับ
1. ความรู้ด้านเทคโนโลยี(Technological Knowledge : TK)	3.98	1.06	มาก
2. ความรู้ด้านวิชาครู (Pedagogical Knowledge : PK)	4.50	0.57	มาก
3. ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge : CK)	4.05	0.76	มาก
4. ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและด้านวิชาครู (Technological Pedagogical Knowledge : TPK)	4.38	0.66	มาก
5. ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและด้านเนื้อหา (Technological Content Knowledge : TCK)	3.88	0.69	มาก
6. ความรู้ในการบูรณาการด้านเนื้อหาและด้านวิชาครู (Pedagogical Content Knowledge : PCK)	4.21	0.84	มาก
7. ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยี ด้านวิชาครู และด้านเนื้อหา (Technological Pedagogical Content Knowledge : TPACK)	4.10	0.55	มาก

หมายเหตุ: ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00) ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50) ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50) ระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50) ระดับน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50)

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาที่ตอบแบบสอบถาม มีองค์ประกอบด้าน PK มากที่สุด(M = 4.50, S.D. = 0.57) รองลงมาคือ องค์ประกอบด้าน TPK (M = 4.38, S.D. = 0.66) องค์ประกอบด้าน PCK (M = 4.21, S.D. = 0.84) องค์ประกอบด้าน TPACK (M = 4.10, S.D. = 0.55) องค์ประกอบด้าน CK (M = 4.05, S.D. = 0.76) องค์ประกอบด้าน TK (M = 3.98, S.D. = 1.06) ตามลำดับส่วนองค์ประกอบด้าน TCK น้อยที่สุด(M = 3.88,

S.D. = 0.69) ในภาพรวมขององค์ประกอบทั้ง 7 ด้าน อยู่ในระดับมาก(M = 4.13, S.D. = 0.85) ถือได้ว่าครูฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษามีระดับ TPACK อยู่ในระดับที่สามารถนำไปพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการในรายวิชาฟิสิกส์ได้

เมื่อทำการประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านเพศ ปัจจัยด้านประสบการณ์สอน ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญแต่ละบุคคล และปัจจัยด้านส่วนตัวและในองค์กร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ปัจจัย	M	S.D.	ระดับ
ปัจจัยด้านเพศของผู้สอน	2.07	0.81	ปานกลาง
ปัจจัยด้านประสบการณ์สอน	4.68	0.47	มากที่สุด
ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญ	4.75	0.49	มากที่สุด
ปัจจัยในองค์กรและส่วนตัว	4.54	0.68	มากที่สุด

หมายเหตุ: ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00) ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50) ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50) ระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50) ระดับน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คือ ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญของบุคคลมากที่สุด (M = 4.75, S.D. = 0.49) รองลงมาคือปัจจัยด้านประสบการณ์สอน (M = 4.68, S.D. = 0.47) ปัจจัยในองกรณ์และส่วนตัว (M = 4.54, S.D. = 0.68) ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามปัจจัยอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์น้อยที่สุดคือ ปัจจัยทางด้านเพศของผู้สอน (M = 2.07, S.D. = 0.81) อยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษา ได้แก่ ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญของบุคคล, ปัจจัยด้านประสบการณ์สอน และปัจจัยในองค์กรและส่วนตัว

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการศึกษาเกี่ยวกับระดับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ของครูฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ตอบแบบสอบถาม ซึ่งครอบคลุม 7 องค์ประกอบ ได้แก่ TK, PK, CK, TPK, TCK, PCK, และ TPACK พบว่าครูฟิสิกส์มีระดับ TPACK โดยรวมอยู่ในระดับมาก องค์ประกอบที่ครูฟิสิกส์มีความรู้สูงสุด คือ ความรู้ด้านวิชาครู (PK) รองลงมาคือ ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและวิชาครู (TPK) และความรู้ในการบูรณาการด้านเนื้อหาและวิชาครู (PCK) ส่วนองค์ประกอบที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ ความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและเนื้อหา (TCK) แต่อย่างไรก็ตาม ทุกองค์ประกอบยังอยู่ในระดับมาก ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและวิธีการสอนควบคู่กับเนื้อหาฟิสิกส์ได้เป็นอย่างดีและแสดงให้เห็นว่าครูฟิสิกส์มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบบูรณาการเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีระดับ TPACK ในการจัดการเรียนการสอนที่ค่อนข้างสูงในหลายองค์ประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โดยเฉพาะองค์ประกอบ PK และ PCK ที่มีค่าเฉลี่ยสูงเป็นพิเศษ การที่ครูฟิสิกส์มีความรู้ด้านการสอน (PK) สูงสุดอาจเป็นเพราะครูมักได้รับการฝึกฝนและพัฒนาในด้าน

วิชาชีพการสอนอย่างต่อเนื่อง การบูรณาการด้านเนื้อหาและวิชาครู (PCK) ก็มีความสำคัญ เนื่องจากการสอนฟิสิกส์จำเป็นต้องใช้ความรู้ด้านเนื้อหาและการจัดการสอนร่วมกัน อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบด้านการบูรณาการเทคโนโลยีและเนื้อหา (TCK) มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งอาจสะท้อนถึงความท้าทายที่ครูฟิสิกส์ต้องเผชิญในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ L. Archambault and Crippen (2009) ได้สำรวจ TPACK กับนักศึกษาครู โดยใช้เครื่องมือวัดความรู้ตามกรอบแนวคิดทีแพคโดยทำการสำรวจออนไลน์ พบว่า นักศึกษาครูมีความรู้ในด้านวิชาครูด้านเนื้อหา และด้านการบูรณาการเนื้อหาและวิชาครูในระดับสูง แต่พบว่าความรู้ด้านเทคโนโลยีและความรู้ด้านการบูรณาการเทคโนโลยีกับความรู้ด้านอื่น ๆ อยู่ในระดับต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรดานันท์ เหมนิธิ และมนตรี บุญเรืองเศษ (2560) ที่ได้พัฒนาแบบจำลองความรู้ด้านเทคโนโลยีผนวกวิธีการสอนและเนื้อหา (TPCK) ในการประเมินศักยภาพความพร้อมของนักศึกษาชั้นปีที่ 5 พบว่าครูฝึกสอนสายช่างอุตสาหกรรมมีความรู้ด้านเทคโนโลยีและด้านเนื้อหาที่จะทำการสอน แต่ยังขาดการบูรณาการที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในแต่ละด้านมาผนวกรวมกันเพื่อทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการออกแบบการเรียนการสอนของสถาบันที่ผลิตครูผู้สอนนั้น ควรมีการเชื่อมโยงความรู้ ด้านต่างๆ ภายใต้กรอบ TPCK เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาผ่านเทคโนโลยีที่เหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jodi Pilgrim and Elda Martinez (2015) ได้ออกแบบการเรียนรู้ผ่านเว็บโดยบูรณาการภายใต้กรอบ TPACK พบว่าครูมีความกังวลในเว็บไซต์ทำให้มีผลต่อการพัฒนา CK ของครูซึ่งทำให้มีอิทธิพลต่อการออกแบบเว็บและออกแบบการเรียนการสอน แต่ในภาพรวม TPACK ช่วยให้การพัฒนาเทคโนโลยีของครูมีความต่อเนื่องได้เป็นอย่างดี

ในส่วนของปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครู พบว่า ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะบุคคล มีผลต่อระดับ TPACK สูงสุด รองลงมาคือ ประสบการณ์สอน และ ปัจจัยในองค์กรและส่วนตัว ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ขณะที่ปัจจัยด้านเพศของผู้สอน ส่งผลน้อยที่สุด และอยู่ในระดับน้อย

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ ความเชี่ยวชาญส่วนบุคคล และประสบการณ์การสอน ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญและประสบการณ์สอนมีผลมากกว่าปัจจัยด้านเพศ ครูที่มีความเชี่ยวชาญสูงหรือมีประสบการณ์การสอนมากจะมีความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาได้ดีกว่า สิ่งนี้บ่งชี้ว่าครูฟิสิกส์ที่มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์มากขึ้นมีโอกาสพัฒนาระดับ TPACK ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า TPACK เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยการฝึกฝนและพัฒนาผ่านการสอนในสภาพแวดล้อมจริง ขณะที่ปัจจัยด้านเพศไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อระดับ TPACK ของครู เนื่องจากความสามารถในการพัฒนาตนเองเพื่อเพิ่มพูนความรู้และการเข้าถึงเทคโนโลยีสมัยใหม่ของครูฟิสิกส์มีความเท่าเทียมกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลิลลา อดุลยศาสน์ และสุภา ยธิกุล (2559) ได้กล่าวว่าปัจจัยด้านเพศไม่ส่งผลต่อระดับความรู้ในการบูรณาการด้านเทคโนโลยี ด้านวิชาครู และด้านเนื้อหา ของครูคณิตศาสตร์ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ส่วนปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงคือปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะบุคคลและปัจจัยในองค์กร

ในภาพรวม ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าครูฟิสิกส์มีความสามารถในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้เทคโนโลยีและวิธีการสอนร่วมกับเนื้อหาวิชาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาระดับ TPACK คือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ของครู อย่างไรก็ตามโดยเฉพาะในสาขาที่มีเนื้อหาซับซ้อนอย่างฟิสิกส์ ครูฟิสิกส์ต้องพัฒนาด้านการบูรณาการเทคโนโลยีกับเนื้อหา (TCK) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้เทคโนโลยีในการสอน การพัฒนาศักยภาพด้านการใช้เทคโนโลยีของครูจึงเป็นประเด็นที่จำเป็นต่อการเตรียมครูให้พร้อมสำหรับการสอนในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้สามารถปรับตัวกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. พัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมครูฟิสิกส์

จากผลการวิจัยที่พบว่าระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านการบูรณาการวิธีการสอน (PK) และเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (PCK) ครูผู้สอนสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ในการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นให้ครูเพิ่มพูนทักษะด้านการบูรณาการเทคโนโลยีและเนื้อหา (TCK) เพื่อเสริมความสามารถในการใช้เทคโนโลยีร่วมกับเนื้อหาฟิสิกส์ในการจัดการเรียนการสอน

2. พัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสอนฟิสิกส์

เนื่องจากองค์ประกอบด้าน TCK มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด การนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้จะช่วยสนับสนุนให้หน่วยงานการศึกษาและโรงเรียนลงทุนในทรัพยากรทางเทคโนโลยีและสื่อการสอนที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มโอกาสให้ครูฟิสิกส์สามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในเนื้อหาการเรียนการสอนได้ดียิ่งขึ้น

3. การประเมินและพัฒนาความเชี่ยวชาญของครู

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญและประสบการณ์สอนมีผลต่อระดับ TPACK มากที่สุด ดังนั้นหน่วยงานการศึกษาควรเน้นการจัดอบรมที่เน้นการพัฒนาความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านของครูรวมถึงการจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างครูผู้มีประสบการณ์และครูใหม่ เพื่อเสริมสร้างทักษะการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอน

4. การสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Professional Learning Community)

ส่งเสริมการจัดตั้งชุมชนแห่งการเรียนรู้ในหมู่ครูฟิสิกส์ เพื่อแบ่งปันความรู้ ประสบการณ์ และแนวทางการบูรณาการเทคโนโลยี เนื้อหาและการสอน โดยสามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเนื้อหาสำหรับการฝึกอบรมต่อไป

ประเด็นคำถามการวิจัยสำหรับการศึกษาในอนาคต

1. เทคโนโลยีใหม่ ๆ มีผลต่อการพัฒนาระดับ TPACK อย่างไร การวิจัยต่อไปอาจสำรวจผลของเทคโนโลยีใหม่ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการเรียนรู้แบบเสมือนจริง (VR) ที่มีต่อการสอนฟิสิกส์ และศึกษาว่าเทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยเพิ่มระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ได้อย่างไร

2. วิธีการฝึกอบรมหรือพัฒนาใดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่ม TPACK ของครูฟิสิกส์ การวิจัยในอนาคตควรมุ่งศึกษาวิธีการฝึกอบรมที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการเพิ่มทักษะการบูรณาการเทคโนโลยี เนื้อหาและวิธีการสอนของครูฟิสิกส์ เพื่อพัฒนากลยุทธ์การอบรมที่มีประสิทธิภาพที่สุด

3. การบูรณาการ TPACK ในสาขาวิชาอื่น ๆ จะส่งผลให้เกิดการพัฒนาคุณภาพการสอนในภาพรวมได้อย่างไร ควรมีการขยายการวิจัยไปยังสาขาวิชาอื่น เช่น คณิตศาสตร์ เคมี หรือชีววิทยา เพื่อเปรียบเทียบว่า TPACK ในสาขาวิชาเหล่านี้มีลักษณะการพัฒนาหรืออุปสรรคที่แตกต่างกันอย่างไร

4. ปัจจัยด้านวัฒนธรรมองค์กรและสังคมส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์อย่างไร การศึกษาเพิ่มเติมอาจเจาะลึกถึงปัจจัยทางวัฒนธรรมองค์กรหรือสังคมที่ส่งผลต่อระดับ TPACK โดยเฉพาะในบริบทของโรงเรียนต่าง ๆ และสภาพแวดล้อมที่ครูต้องเผชิญ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาระดับ TPACK และปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมลชนก ชัยชนะ และ ปกรณ์ ประจันบาน. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยประยุกต์แนวคิดของโรจาส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Journal Community Development Research (Humanities and Social Science)*, *11*(3), 130–138.

ลิลลา อดุลยศาสน์ และสุภา ยธิกุล. (2559). *รายงานการวิจัยการวัดระดับ TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับ TPACK ของครูคณิตศาสตร์ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้.* ยะลา

วรดานันท์ เหมนิธิ และ มนตรี บุญเรืองเศษ. (2560). การพัฒนาแบบจำลองความรู้ด้านเทคโนโลยีผนวกวิธีการสอนและเนื้อหา (TPCK) ในการประเมิน ศักยภาพความพร้อมของนักศึกษาฝึกสอนสายช่างอุตสาหกรรม. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สุรัสวดี ควรหา และ สุกัญญา แช่มช้อย. (2562). การประเมินความต้องการจำเป็นของการพัฒนาครูโรงเรียนสุนันทาวิทยาตามแนวคิดความรู้ เนื้อหา ผสานวิธีสอนและเทคโนโลยี. *OJED An Online Journal of Education*, *14*(2), 1–13.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2563). *รายงานเรียนออนไลน์ยุคโควิด–19 : วิกฤติหรือโอกาศการศึกษาไทย.* กรุงเทพมหานคร: สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้.

Archambault, L., & Crippen, K. (2009). K–12 distance educators at work: Who's teaching online across the United States.*Journal of research on Technology in Education, 41*(4), 363–391.

Jodi Pilgrim and Elda Martinez. (2015). Web Literacy and Teachnology Integration: Moving Beyond TPACK with Student Centered Instruction. *Journal of Literacy and Teachnology*, 16.

Poster Presentation

มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง พลังงานทดแทน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่

Learning management through a Hands-On learning process to enhance analytical thinking skills using the renewable energy learning package for upper secondary school students in San Kamphaeng District, Chiang Mai Province

กฤษสมิชฌน์ ศรีปัญญา[1] อัฐสิษฐ์ ทับทิมแท้[2] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[3*]

Krismith Sripanya[1], Auttasit Tubtimtae[2] and Panupat Chaiworn[3*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เรื่อง พลังงานทดแทน สำหรับพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 2) เปรียบเทียบสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการเรียน 3) วิเคราะห์ค่าการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยใช้ค่า Normalized Gain และ 4) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

มีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 80 คน สุ่มแบบแบ่งชั้นแล้วจัดกลุ่มแบบผสม เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ชุดกิจกรรม ใบงาน แบบทดสอบก่อน-หลัง และแบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา t-test และค่า Normalized Gain

ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ E1/E2 เป็น 82.94/84.63 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนพบว่าคะแนนหลังเรียนสูงขึ้น มีค่า t-test ที่ 17.78 มีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่า Normalized Gain ของสมรรถนะการคิดวิเคราะห์อยู่ที่ 0.71 อยู่ในระดับสูงหรือยอดเยี่ยม Normalized Gain ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ที่ 0.72 อยู่ในระดับสูงหรือยอดเยี่ยม ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมในระดับมากที่สุด ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงเรื่องพลังงานทดแทน จึงมีประสิทธิภาพและส่งเสริมสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง, พลังงานทดแทน, สมรรถนะการคิดวิเคราะห์, ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

---

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[3] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science Program in Science Teaching, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[2] Department of Physics, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

[3] Department of Physic and General Science, Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author: panupat_cha@cmru.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to: 1) develop and determine the efficiency of the Renewable Energy Learning Package using Learning Management through a Hands-On Learning Process to enhance Analytical Thinking Skills of upper secondary school students, meeting the 80/80 criterion; 2) compare Analytical Thinking Skills before and after learning; 3) analyze the development of learning achievement regarding Analytical Thinking Skills using Normalized Gain; and 4) assess student satisfaction. The sample group consisted of 80 upper secondary school students, selected via stratified random sampling and organized into mixed-ability groups. The research instruments included lesson plans, the Renewable Energy Learning Package, worksheets, pre-tests and post-tests, and a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics, t-test, and Normalized Gain.

The results indicated that the efficiency of the learning package (E1/E2) was 82.94/84.63, exceeding the 80/80 criterion. Post-test scores were significantly higher than pre-test scores ($t = 17.78$, $p < .05$). The Normalized Gain for Analytical Thinking Skills was 0.71, and for learning achievement was 0.72, both interpreted as high or excellent levels. Students reported the highest level of satisfaction with the learning package. Consequently, the Renewable Energy Learning Package using Learning Management through a Hands-On Learning Process is deemed effective and significantly promotes students' Analytical Thinking Skills.

Keywords: Hands-on Learning, Renewable Energy, Analytical Thinking Skills, Learning Activity Package

บทนำ

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 มุ่งส่งเสริมสมรรถนะการคิดขั้นสูง โดยเฉพาะสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นพื้นฐานของการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการใช้เหตุผลจากหลักฐาน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยด้านการเรียนรู้แบบดั้งเดิมสะท้อนว่า แม้นักเรียนจะสามารถคำนวณหรือแทนค่าสูตรได้ แต่ยังขาดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และไม่สามารถประมวลข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ (Bao & Koenig, 2019) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้จำนวนมากยังเน้นการบรรยายและการจำขั้นตอน มากกว่าการคิดอย่างเป็นระบบ ปัญหานี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า ผู้เรียนมักแก้ปัญหาโดยไม่วิเคราะห์สถานการณ์หรือวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน ส่งผลให้ทักษะการคิดวิเคราะห์ไม่พัฒนาเท่าที่ควร ทั้งที่วิธีการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาแบบเป็นระบบสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลได้อย่างมีนัยสำคัญ (Ince, 2018) จึงเกิดความจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างความเข้าใจจากประสบการณ์จริงมากขึ้น

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสื่อการสอนที่ได้รับการยืนยันจากงานวิจัยจำนวนมากว่ามีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เนื่องจากสามารถจัดโครงสร้างการเรียนรู้ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเป็นลำดับขั้น มีใบงาน เนื้อหา สื่อการทดลอง และแบบประเมินที่สอดคล้องกันอย่างเป็นระบบ งานวิจัยเกี่ยวกับชุดกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากรท้องถิ่นรายงานว่า ชุดกิจกรรมที่ดีควรประกอบด้วย คู่มือครู ใบกิจกรรม ใบงาน แบบทดสอบก่อน-หลัง และเกณฑ์การประเมินผล ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์และเชื่อมโยงกับบริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพจากงานวิจัยของสมชาย ใจบาน และคณะ (2563) พบว่าชุดกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นลำดับขั้นและเน้นการทดลองช่วยให้ผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี

นัยสำคัญ และพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ได้ดีขึ้น ขณะเดียวกัน งานวิจัยของทวิพงศ์ ศรีสุวรรณ (2567) ระบุว่าชุดกิจกรรมที่มีกิจกรรมกระตุ้นความคิด ใบงาน และการทดลองที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 และช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ส่วนงานวิจัยของกฤษณะ ประฉิมมะ และเอื้อมพร หลินเจริญ (2566) พบว่า ชุดกิจกรรมที่เน้นการสืบเสาะและการทำงานภาคสนามช่วยส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์เทคโนโลยีด้านพลังงานสีเขียวได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ งานวิจัยของวรนันท์ เหล็กเพชร และคณะ (2565) ยังชี้ว่า ชุดกิจกรรมที่ดีควรมีความสมบูรณ์ขององค์ประกอบ เนื้อหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ และภาระงานที่ส่งเสริมการคิดขั้นสูงของผู้เรียน ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสรุป งานวิจัยทั้งหมดสนับสนุนว่า “ชุดกิจกรรมการเรียนรู้” เป็นสื่อที่มีศักยภาพสูงสำหรับการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ และเหมาะสมกับการนำไปใช้ร่วมกับกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนอกจากนี้ เนื้อหาเกี่ยวกับพลังงานทดแทนตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) เป็นหัวข้อที่เหมาะสมต่อการจัดกิจกรรมปฏิบัติจริง เพราะเอื้อต่อการออกแบบสถานการณ์การทดลอง การตั้งสมมติฐาน และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้น ชุดกิจกรรมเรื่องพลังงานทดแทนที่ออกแบบตามลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง (Hands-on Learning Process) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ เช่น การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การวางแผน การทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ผล และการสรุปเชิงเหตุผล จึงคาดว่าจะช่วยยกระดับสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษายุคใหม่และชื่องานวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ ด้วยชุดกิจกรรมเรื่องพลังงานทดแทน อย่างชัดเจน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เรื่องพลังงานทดแทน สำหรับพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการเรียน ด้วยชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เรื่อง พลังงานทดแทน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่

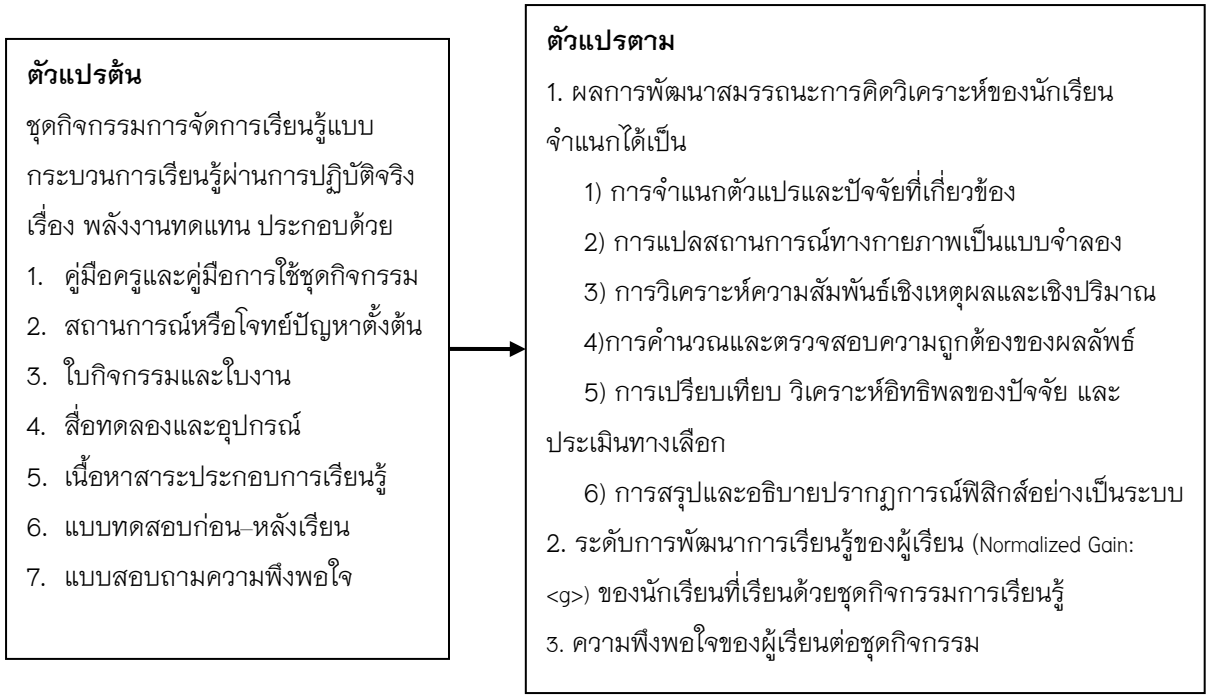
3. เพื่อวิเคราะห์ค่าการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ค่า Normalized Gain (<g>) สำหรับวัดระดับการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน

4. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงด้วยชุดกิจกรรมเรื่องพลังงานทดแทน

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

งานวิจัยนี้ได้พัฒนา ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เรื่อง พลังงานทดแทน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมุ่งให้ผู้เรียนได้ลงมือทดลอง สำรวจ และแก้ปัญหาด้วยตนเองในสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทน เช่น การผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ผ่านกระบวนการเรียนรู้เป็นขั้นตอน ตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน การวางแผนทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการ

สรุปผล กระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์ที่เรียนในชั้นเรียนเข้ากับการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ตระหนักถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์และใช้เหตุผลเชิงหลักฐานในการอธิบายผลการทดลอง ชุดกิจกรรมดังกล่าวจึงเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดขั้นสูง (Higher-order thinking skills) และสามารถประยุกต์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนตามบริบทของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีกรอบแนวคิดดังแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

1. สิ่งที่นำมาศึกษา (Population) และลักษณะเฉพาะของตัวอย่าง (Sample)

ประชากร (Population) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่ อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ โรงเรียนสันกำแพง จำนวน 1335 คน

กลุ่มทดลองใช้ (Try Out) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ห้องเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2568 จำนวน 80 คน

กลุ่มตัวอย่าง (Samples Group) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2568 จำนวน 80 คน ด้วยวิธีการสุ่มการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหน่วยสุ่ม แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ เก่ง ปานกลาง และอ่อน แล้วทำการจัดกลุ่มแบบผสม (Heterogeneous Grouping) โดยให้สมาชิกในกลุ่มมีสมาชิกจากทั้ง 3 ระดับ (Murphy et al., 2017)

2. การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

2.1 การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

1. การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และวิเคราะห์เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหัวข้อพลังงานทดแทน เซลล์แสงอาทิตย์ แกรฟีนควอนตัมดอท และเทคโนโลยีพลังงาน ก่อนพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 12 คาบ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พลังงานทดแทน
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์
3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์และแกรฟีนควอนตัมดอท
4. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีด้านพลังงาน

2. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง (Hands-on Learning Package)

ชุดกิจกรรมจำนวน 3 ชุด สอดคล้องกับลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง ประกอบด้วยคู่มือครูและคู่มือการใช้ชุดกิจกรรม สถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาตั้งต้น ใบกิจกรรมและใบงาน สื่อทดลองและอุปกรณ์ เนื้อหาสาระประกอบการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ ได้แก่

1. ชุดกิจกรรมที่ 1 พลังงานทดแทน (3 ชั่วโมง)
2. ชุดกิจกรรมที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์และแกรฟีนควอนตัมดอท (6 ชั่วโมง)
3. ชุดกิจกรรมที่ 3 เทคโนโลยีด้านพลังงาน (3 ชั่วโมง)

3. การตรวจสอบคุณภาพชุดกิจกรรม (E1/E2)

1. นำชุดกิจกรรม แผนการสอน และสื่อการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) กำหนดเกณฑ์ที่ยอมรับได้ที่ 0.5
2. ปรับปรุงชุดกิจกรรมตามข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
3. ทดลองใช้กับผู้เรียน และบันทึกคะแนนระหว่างกิจกรรมเพื่อหาค่า E1
4. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อหาค่า E2
5. ประเมินผลว่าค่าประสิทธิภาพ E1/E2 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 หรือไม่

2.2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยใช้เป็นทั้งแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) มีการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยหาค่า IOC ที่ยอมรับได้ที่มากกว่า 0.5 ขึ้นไป จากนั้นปรับปรุงข้อสอบตามข้อเสนอแนะและผลวิเคราะห์ความยากง่ายอำนาจจำแนก

2. แบบประเมินพฤติกรรมระหว่างปฏิบัติ เพื่อหาค่า E1 โดยใช้การสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การทดลอง และการวิเคราะห์ผล ซึ่งต้องครอบคลุมตัวชี้วัดของสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ และผ่านการตรวจสอบเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

3. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน สร้างในรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่าความพึงพอใจ 5 ระดับ ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ความเหมาะสมของเนื้อหา ความชัดเจนของใบงาน ความน่าสนใจ และประโยชน์ที่ได้รับ และมีคำถามปลายเปิดสำหรับข้อเสนอแนะ โดยผ่านการตรวจสอบ IOC จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และปรับปรุงตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ

4. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับกิจกรรมปฏิบัติจริง

เครื่องมือทดลองที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ เช่น

1. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
2. มัลติมิเตอร์
3. หลอดไฟ
4. ตัวต้านทาน
5. สายไฟ
6. เซ็นเซอร์วัดแสง
7. นาฬิกาจับเวลา

อุปกรณ์ทั้งหมดถูกจัดเตรียมและทดสอบความพร้อมก่อนการทดลองจริง

5. อุปกรณ์สำหรับเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล เช่น Excel หรือ SPSS สำหรับคำนวณคะแนน E1/E2 การทดสอบ t-test และ Normalized Gain

3. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้คือ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีด้านพลังงาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาฟิสิกส์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) รวมถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงและแกรฟีนควอนตัมดอท ซึ่งนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. รูปแบบการวิจัยและแผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังเรียน (One-Group Pretest–Posttest Design) กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2568 จำนวน 80 คน ผู้วิจัยจัดให้มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง

ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

O_1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test)

X หมายถึง ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เรื่อง พลังงานทดแทน

O_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Post-test)

5. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (Procedure) และวิธีการเก็บข้อมูล (Data Collection)

การวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานและเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ระยะหลัก ดังนี้

ระยะที่ 1 การเตรียมการก่อนทดลอง (Preparation Phase)

ในระยะนี้ได้ทำการศึกษาหลักสูตรและวิเคราะห์เนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ ม.5 หัวข้อ พลังงานทดแทน เซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีพลังงาน รวมถึงแกรฟีนควอนตัมดอทเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน ได้แก่

แผนที่ 1 พลังงานทดแทน

แผนที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์

แผนที่ 3 เซลล์แสงอาทิตย์และแกรฟีนควอนตัมดอท

แผนที่ 4 เทคโนโลยีด้านพลังงาน

พร้อมทั้งออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา 3 ชุด ได้แก่

ชุดที่ 1 เรื่องพลังงานทดแทน

ชุดที่ 2 เรื่องเซลล์แสงอาทิตย์และแกรฟีนควอนตัมดอท

ชุดที่ 3 เรื่องเทคโนโลยีด้านพลังงาน

แล้วจึงสร้างแบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยใช้เป็นทั้งข้อสอบก่อนเรียน (Pre-test) และข้อสอบหลังเรียน (Post-test) รวมทั้งแบบบันทึกคะแนนระหว่างเรียน สำหรับคำนวณค่า E1 จากนั้นนำแผนการสอน ชุดกิจกรรม และแบบทดสอบส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านประเมินค่าดัชนี IOC แล้วปรับปรุงเครื่องมือให้มีค่า IOC ที่ยอมรับได้ที่ 0.5 หรือสูงกว่าตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญและนำมาแก้ไขปรับปรุงข้อสอบตามผลวิเคราะห์ จากนั้นทำการเตรียมอุปกรณ์ทดลองและสื่อการสอน เช่น แผงโซลาร์เซลล์ มัลติมิเตอร์ แหล่งกำเนิดแสง ฯลฯ พร้อมทั้งขอหนังสืออนุญาตจากโรงเรียน และเก็บแบบยินยอม (consent form) จากผู้ปกครองของนักเรียน

ระยะที่ 2 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Sampling Phase)

โดยกำหนดให้ประชากรคือนักเรียน ม.ปลาย โรงเรียนสันกำแพง จำนวน 1,335 คน กำหนดกลุ่มทดลองคือนักเรียนสายวิทย์-คณิต ม.ปลาย จำนวน 80 คน แล้วดำเนินการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหน่วยสุ่ม แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ เก่ง 27 คน ปานกลาง 27 คน และอ่อน 26 คน รวมกลุ่มตัวอย่าง 80 คน โดยมีการจัดกลุ่มแบบผสม (Heterogeneous Grouping) ให้สมาชิกในกลุ่มมีสมาชิกจากทั้ง 3 ระดับ

ระยะที่ 3 การทดลองและเก็บข้อมูล (Implementation & Data Collection)

โดยให้นักเรียน 80 คน ทำแบบทดสอบ 20 ข้อ ภายใต้เวลาที่กำหนด 1 ชั่วโมง แล้วบันทึกคะแนน จากนั้นทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน และชุดกิจกรรม 3 ชุด ตามลำดับ โดยในแต่ละคาบนักเรียนต้องศึกษาสถานการณ์ปัญหา ทดลองและลงมือปฏิบัติเป็นกลุ่ม เก็บข้อมูล วิเคราะห์ผล สรุปเป็นคำตอบ และนำเสนอผล ในระหว่างเรียนผู้วิจัยมีการบันทึกคะแนนพฤติกรรม ใบงาน และกิจกรรม เพื่อใช้คำนวณ E1 จากนั้นใช้แบบทดสอบชุดเดิม 20 ข้อ โดยทำการสลับตัวเลือกและลำดับข้อ แล้วบันทึกคะแนน เพื่อใช้คำนวณ E2 โดยเปรียบเทียบกับแบบทดสอบก่อนเรียนก่อนหน้าที่ได้ทดสอบไป และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจากแบบสอบถามความพึงพอใจ พร้อมทั้งบันทึกการสังเกตพฤติกรรมระหว่างทำกิจกรรม ทำการตรวจสอบให้ครบถ้วน และจัดเก็บข้อมูลโดยไม่ระบุชื่อ (Anonymous ID) เพื่อรักษาจริยธรรมวิจัย แล้ววิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือโดยโดยมีการวิเคราะห์ความ

เที่ยงตรงโดยการหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) ที่ยอมรับได้ที่มากกว่า 0.5 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน จากนั้นจึงวิเคราะห์เชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ทั้งแบบที่เป็นคะแนนดิบและแบบที่เป็นร้อยละ วิเคราะห์เปรียบเทียบแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน คำนวณ Normalized Gain (<g>) เพื่อดูระดับพัฒนาการ วิเคราะห์ความต่างระหว่าง 3 กลุ่ม ได้แก่ เก่ง ปานกลาง และอ่อน จากนั้นจึงคำนวณหาค่า E1/E2 และตรวจสอบว่าผ่านเกณฑ์ 80/80 หรือไม่ แล้วสรุปผลเชิงปริมาณ และวิเคราะห์ข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพ จากนั้นจึงแปลผล อภิปรายผล และจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลการศึกษา

1. ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เรื่อง พลังงานทดแทน

ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน และชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติจริงจำนวน 3 ชุด โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินพบว่าชุดกิจกรรมมีความครบถ้วนด้านโครงสร้าง เนื้อหา และขั้นตอนการจัดกิจกรรม ตรงตามแนวคิดของกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง (Hands-on Learning Process) และเหมาะสมสำหรับนำไปใช้พัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง (IOC)

เรื่อง	ค่า IOC	การแปรผล
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พลังงานทดแทน	1.00	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์	0.67	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์และแกรฟีนควอนตัมดอท	0.67	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีด้านพลังงาน	0.67	ใช้ได้
ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง พลังงานทดแทน	1.00	ใช้ได้
ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์และแกรฟีนควอนตัวดอท	0.67	ใช้ได้
ชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีด้านพลังงาน	0.67	ใช้ได้

*หมายเหตุ ค่า IOC ที่รับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

จากตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้และชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุด พบว่าเอกสารและสื่อทั้งหมดที่พัฒนาขึ้นมีค่าดัชนี IOC อยู่ในช่วง 0.67-1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 0.50 ทุกหัวข้อ แสดงให้เห็นว่าเนื้อหา วิธีการจัดกิจกรรม ตัวชี้วัด และวัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกันเหมาะสม และผ่านการรับรองโดยผู้เชี่ยวชาญในระดับที่เชื่อถือได้

ในรายละเอียดพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พลังงานทดแทน ได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด สะท้อนว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องอย่างมากว่าเนื้อหาและกิจกรรมตรงตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์และแกรฟีนควอนตัมดอท และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีด้านพลังงาน มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับใช้ได้ โดยสะท้อนให้เห็นว่าเอกสารมีความถูกต้องและเหมาะสม สามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้ได้ตามเป้าหมาย

ในส่วนของชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง พลังงานทดแทน ได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 แสดงว่ากิจกรรมมีความตรงประเด็นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์เป็นอย่างดี ชุดกิจกรรมที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์และแกรฟีนควอนตัมดอท และชุดกิจกรรมที่ 3 เทคโนโลยีด้านพลังงาน มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับ ใช้ได้ และเพียงพอต่อการนำไปใช้ในชั้นเรียนจริง

ผลการประเมินโดยภาพรวมชี้ให้เห็นว่า แผนการจัดการเรียนรู้และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในระดับเหมาะสมตามเกณฑ์ IOC สามารถนำไปใช้ในการทดลองจัดการเรียนรู้ได้จริงและมีคุณภาพเพียงพอสำหรับการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์ E1/E2

ประสิทธิภาพ	ร้อยละคะแนนเฉลี่ย	ร้อยละคะแนนเฉลี่ยรวม	การแปลความหมาย
ประสิทธิภาพกระบวนการ (E1)			
ชุดกิจกรรมที่ 1	85.81%	82.94%	มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80
ชุดกิจกรรมที่ 2	77.44%		
ชุดกิจกรรมที่ 3	85.56%		
ประสิทธิภาพกระบวนการ (E2)	-	84.63%	มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80

จากตารางที่ 3 พบว่า ประสิทธิภาพกระบวนการ (E1) มีร้อยละคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 82.94 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพของกระบวนการตามเกณฑ์มาตรฐาน ในส่วนของประสิทธิภาพผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E2) พบว่ามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 84.63 ซึ่งอยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 เช่นเดียวกัน สะท้อนให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการประเมินสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน

เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ที่เกิดจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง ผู้วิจัยได้ทำการวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมุ่งประเมินพัฒนาการด้านการจำแนกตัวแปร การวิเคราะห์เชิงเหตุผล และการสรุปเชิงระบบของผู้เรียน การนำเสนอผลในส่วนนี้จึงมุ่งเปรียบเทียบคะแนนทั้งสองช่วงเวลาเพื่อพิจารณาว่าการจัดกิจกรรมส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนในระดับใด ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียน (t-test)

รายการประเมิน	การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	$S.D.$	$\bar{D}$	$S.D._D$	t	$Sig.\ (1-tailed)$
สมรรถนะการคิดวิเคราะห์รวม	ก่อนเรียน	80	20	8.96	4.58	7.96	4.00	17.78	0.00
	หลังเรียน	80	20	16.93	2.40				

จากตารางที่ 3 พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (Pre-test) ของนักเรียนทั้งกลุ่ม (N = 80) เท่ากับ 8.96 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.58 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (Post-test) เท่ากับ 16.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.40 ซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดกิจกรรม และเพื่อทดสอบว่าการจัดกิจกรรมมีผลต่อสมรรถนะการคิดวิเคราะห์หรือไม่ ได้ทำการทดสอบแบบคู่ (paired comparison) ระหว่างคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน โดยใช้การทดสอบแบบ t-test dependent sample ผลการทดสอบเป็น 17.78 ซึ่งบ่งชี้ว่าคะแนนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการประเมินค่าการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ โดยใช้ค่า Normalized Gain (<g>)

ผู้วิจัยได้ยึดหลักการคำนวณ Normalized Gain <g> ของ Hake (1998) ซึ่งโดยทั่วไปมักแบ่งระดับพัฒนาการออกเป็น 3 ระดับกว้าง ๆ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง เพื่อประเมินภาพรวม

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การวิเคราะห์ผลมีความละเอียดอ่อนไหวต่อความเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนรายบุคคลมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางของ Coletta (2023) มาประกอบการพิจารณา ซึ่งได้ทำการจำแนกค่า Gain ออกเป็นช่วงย่อยที่ละเอียดกว่าดังนี้

ช่วงที่ 1	(0.00 – 0.10)	กลุ่มที่มีพัฒนาการน้อยมาก
ช่วงที่ 2	(0.11 – 0.20)	กลุ่มที่มีพัฒนาการน้อย
ช่วงที่ 3	(0.21 – 0.30)	กลุ่มเริ่มต้นพัฒนาการ (Transition)
ช่วงที่ 4	(0.31 – 0.40)	กลุ่มพัฒนาการระดับกลางตอนต้น
ช่วงที่ 5	(0.41 – 0.50)	กลุ่มค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ (The Peak)
ช่วงที่ 6	(0.51 – 0.60)	กลุ่มพัฒนาการดี
ช่วงที่ 7	(0.61 – 0.70)	กลุ่มพัฒนาการดีมาก
ช่วงที่ 8	(0.71 ขึ้นไป)	กลุ่มยอดเยี่ยม

ซึ่งสามารถระบุตำแหน่งของระดับการพัฒนาในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำกว่าเพียงการจัดกลุ่มกว้าง ๆ

3.1 ผลการประเมินพัฒนาการในแต่ละด้านของสมรรถนะการคิดวิเคราะห์

เพื่อให้การวิเคราะห์ผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์มีความชัดเจนในเชิงองค์ประกอบ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่า Normalized Gain (<g>) แยกตามแต่ละด้านของสมรรถนะ ประกอบด้วย 6 ด้าน ได้แก่

1. การจำแนกตัวแปรและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การแปลสถานการณ์ทางกายภาพเป็นแบบจำลอง
3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลและเชิงปริมาณ
4. การคำนวณและตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์
5. การเปรียบเทียบ วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัย และประเมินทางเลือก
6. การสรุปและอธิบายปรากฏการณ์ฟิสิกส์อย่างเป็นระบบ

โดยเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน และตีความระดับการพัฒนาตามเกณฑ์ของ Hake (1998) และ Coletta (2023) ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์

ด้านของสมรรถนะการคิดวิเคราะห์	ก่อนเรียน	หลังเรียน	$\langle g \rangle$	ระดับการพัฒนา (Hake, 1998)	ระดับการพัฒนา (Coletta, 2023)
1. การจำแนกตัวแปรและปัจจัย	45.94	87.00	0.76	สูง	ยอดเยี่ยม
2. การแปลสถานการณ์เป็นแบบจำลอง	41.56	87.81	0.79	สูง	ยอดเยี่ยม
3. การวิเคราะห์เหตุผลเชิงปริมาณ	58.38	83.88	0.61	ปานกลาง	พัฒนาการดีมาก
4. การคำนวณและตรวจสอบผลลัพธ์	44.31	84.31	0.72	สูง	ยอดเยี่ยม
5. การเปรียบเทียบ–ประเมินทางเลือก	52.56	83.06	0.64	ปานกลาง	พัฒนาการดีมาก
6. การสรุปและอธิบายเชิงระบบ	58.25	87.81	0.71	สูง	ยอดเยี่ยม
รวม	**50.17**	**85.65**	**0.71**	**สูง**	**ยอดเยี่ยม**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าในทุกด้านของสมรรถนะอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าดัชนีการพัฒนา (Normalized Gain: <g>) อยู่ในช่วง 0.61–0.79 ซึ่งตามเกณฑ์ของ Hake (1998) จัดอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมมีผลต่อการเพิ่มพูนทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาด้วยเกณฑ์แบบจำแนกละเอียดของ Coletta (2023) ซึ่งมีช่วงการตีความที่แคบกว่าและสะท้อนความละเอียดของพัฒนาการได้ดีกว่า พบว่าสมรรถนะของผู้เรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับพัฒนาการดีมากถึง ยอดเยี่ยม ทำให้เห็นภาพรวมของผลลัพธ์ที่เข้มแข็งยิ่งขึ้น

ในด้านการจำแนกตัวแปรและปัจจัย และด้านการแปลสถานการณ์เป็นแบบจำลอง ผู้เรียนมีค่าการพัฒนาอยู่ในช่วง 0.76–0.79 ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง ตามเกณฑ์ของ Hake (1998) และระดับยอดเยี่ยม ตามเกณฑ์ของ Coletta (2023) สะท้อนว่าผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ทางฟิสิกส์และแยกแยะองค์ประกอบสำคัญได้ดีขึ้นมากหลังการเรียนรู้ผ่านชุดกิจกรรม สำหรับด้านการคำนวณและตรวจสอบผลลัพธ์ ค่า <g> = 0.72 จัดอยู่ในระดับยอดเยี่ยมเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์และประเมินความถูกต้องของคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านการวิเคราะห์เหตุผลเชิงปริมาณ และด้านการเปรียบเทียบ–ประเมินทางเลือก มีค่าการพัฒนาอยู่ในช่วง 0.61–0.64 ซึ่งแม้จะจัดว่าเป็นระดับปานกลาง ตามเกณฑ์ของ Hake (1998) แต่เมื่อตีความตามเกณฑ์ของ Coletta (2023) แล้วอยู่ในระดับพัฒนาการดีมาก แสดงถึงความสามารถของผู้เรียนในการคิดเชิงเหตุผล การชั่งน้ำหนักปัจจัย และการประเมินทางเลือกที่เหมาะสม ซึ่งเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาและประสบการณ์ในการพัฒนา

สุดท้าย ด้านการสรุปและอธิบายเชิงระบบมีค่า <g> = 0.71 ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงตามเกณฑ์ของ Hake (1998) และอยู่ในระดับยอดเยี่ยม ตามเกณฑ์ของ Coletta (2023) สะท้อนว่าผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์อย่างเชื่อมโยง มีลำดับขั้น และมีความถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นอย่างมาก ภาพรวมทั้งหมดทำให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงมีประสิทธิผลสูงในการส่งเสริมสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทั้งในเชิงความรู้ความเข้าใจ และการประยุกต์ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงลึกและการพัฒนาสมรรถนะตามเป้าหมายของงานวิจัยอย่างสมบูรณ์

3. ผลการวัดระดับการพัฒนาการเรียนรู้ด้วยค่า Normalized Gain (<g>)

เพื่อประเมินประสิทธิผลเชิงลึกของการเรียนรู้จากชุดกิจกรรม ผู้วิจัยใช้ดัชนี Normalized Gain (<g>) ในการวัดระดับการพัฒนาความรู้ของผู้เรียน โดยพิจารณาการเพิ่มขึ้นของคะแนนหลังเรียนเทียบกับศักยภาพสูงสุดที่ผู้เรียนสามารถทำได้ แสดงผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการประเมินระดับการพัฒนาการเรียนรู้ด้วย Normalized Gain

ตัวแปร	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน	หลังเรียน	$\langle g \rangle$	ระดับการพัฒนา (Hake, 1998)	ระดับการพัฒนา (Coletta, 2023)
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	100	23.58	78.25	0.72	สูง	ยอดเยี่ยม

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.58 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีพื้นฐานความรู้ในเนื้อหาที่เรียนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ขณะที่หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 78.25 คะแนน ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างชัดเจน เมื่อคำนวณค่าดัชนีการพัฒนาความรู้หรือความเข้าใจของนักศึกษา (Normalized Gain: <g>) ได้ค่าเท่ากับ 0.72 อยู่ในระดับสูง ตามเกณฑ์ของ Hake (1998) และระดับยอดเยี่ยม ตามเกณฑ์ของ Coletta (2023)

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้เรียนโดยรวมมีความพึงพอใจในแต่ละระดับ พิจารณาจาก 4 ด้าน คือ

1. ความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรม
2. ความชัดเจนของใบงานและคำชี้แจง
3. ความน่าสนใจและแรงจูงใจ
4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้

โดยผลการประเมินภาพรวมสะท้อนว่าชุดกิจกรรมสามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม ทั้งในด้านความเข้าใจ กระบวนการเรียนรู้ และการนำไปใช้ ทำให้ผู้เรียนรับรู้ถึงคุณค่าและประสิทธิผลของกิจกรรมได้อย่างชัดเจน แสดงผลการประเมินความพึงพอใจดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดกิจกรรม

ด้านที่ประเมิน	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับความพึงพอใจ
1. ความเหมาะสมของเนื้อหา	4.03	0.83	มากที่สุด
2. ความชัดเจนของใบงาน	4.04	0.82	มากที่สุด
3. ความน่าสนใจของชุดกิจกรรม	3.99	0.81	มาก
4. ประโยชน์ที่ได้รับจากชุดกิจกรรม	3.99	0.81	มาก
รวม	**4.01**	**0.82**	มากที่สุด

จากตารางที่ 7 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดกิจกรรมพบว่า โดยรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยรวม 4.01 และค่าความแปรปรวน (S.D.) 0.82 สะท้อนให้เห็นว่าชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความเหมาะสมของเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 4.03 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงว่าเนื้อหาที่ใช้ในชุดกิจกรรมสอดคล้องกับความรู้พื้นฐานและความสนใจของผู้เรียน ความชัดเจนของใบงาน มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 4.04 ระดับมากที่สุด สะท้อนว่าคำชี้แจงขั้นตอน และแบบฝึกปฏิบัติในใบงานสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและนำไปปฏิบัติได้จริง ความน่าสนใจของชุดกิจกรรม มีค่าเฉลี่ย 3.99 อยู่ในระดับมาก แสดงว่าชุดกิจกรรมมีองค์ประกอบที่ช่วยดึงดูดความสนใจ แต่ยังอาจเพิ่มเติมความท้าทายหรือความแปลกใหม่เพื่อเพิ่มแรงจูงใจผู้เรียนได้ ประโยชน์ที่ได้รับจากชุดกิจกรรม มีค่าเฉลี่ย 3.99 ระดับมาก แสดงว่าผู้เรียนรับรู้ว่ากิจกรรมมีส่วนช่วยพัฒนาความเข้าใจและทักษะด้านพลังงานทดแทน แม้ว่าจะยังไม่ถึงระดับมากที่สุด

โดยสรุป ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่า ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิผลและสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ทั้งด้านเนื้อหา ความชัดเจน และประโยชน์ต่อการเรียนรู้ ซึ่งสะท้อนถึงคุณภาพของชุดกิจกรรมและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้จริงในชั้นเรียน

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงที่พัฒนาขึ้น มีค่าความสอดคล้องของเนื้อหาของชุดกิจกรรมกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยอยู่ที่ระดับ 0.67–1.00 โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผ่านเกณฑ์ 0.5 ที่กำหนดไว้ แสดงถึงเครื่องมือวิจัยมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลได้ หลังทำการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง พบว่ามีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่า E1 = 82.94 และ E2 = 84.63 แสดงว่ากิจกรรมมีความเหมาะสมทั้งด้านโครงสร้าง เนื้อหา และลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ผ่านการทดลอง การสังเกต และการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้และเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bao และ Koenig (2019) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองช่วยส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียนพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 มีค่า t-test 17.78 และค่า Normalized Gain ของสมรรถนะการคิดวิเคราะแต่ละสมรรถนะอยู่ที่ 0.72 งอยู่ในระดับสูงตามเกณฑ์ Hake (1998) และระดับยอดเยี่ยมตาม Coletta (2023) สะท้อนว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในด้านการจำแนกตัวแปร การแปลสถานการณ์เป็นแบบจำลอง การวิเคราะห์เชิงปริมาณ การตรวจสอบผลลัพธ์ และการสรุปเชิงเหตุผล โดยเฉพาะทักษะการคิดเชิงระบบและการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งเกิดจากการทำกิจกรรมที่กำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ผู้เรียนได้ทดลองจริง ข้อมูลนี้สอดคล้องกับ Ince (2018) ที่พบว่าการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการช่วยเพิ่มความเข้าใจเชิงเหตุผลของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน

สำหรับระดับการพัฒนาการเรียนรู้ที่ประเมินด้วยค่า Normalized Gain พบว่าได้ค่าเป็น 0.71 ซึ่งอยู่ในระดับสูงตามเกณฑ์ Hake (1998) และระดับยอดเยี่ยมตาม Coletta (2023) แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์เพิ่มขึ้นอย่างมาก แม้จะมีพื้นฐานเดิมต่ำก็ตาม ปัจจัยสำคัญมาจากกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นลำดับขั้นและเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลจริงจากการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานของวรนันท์ เหล็กเพชร และคณะ (2565) ที่รายงานว่ากิจกรรมพลังงานทดแทนและการใช้สื่อทดลองจริงช่วยเพิ่มพัฒนาการของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการประเมินความพึงพอใจพบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เนื่องจากเนื้อหาสอดคล้องกับชีวิตจริง ใบงานมีความชัดเจน และขั้นตอนการทดลองสามารถปฏิบัติได้จริง ทั้งยังได้รับประสบการณ์ร่วมมือทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานของ Murphy et al. (2017) ที่ระบุว่าการจัดกลุ่มเรียนแบบผสมส่งเสริมคุณภาพการอภิปรายและผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

โดยสรุป ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงเรื่องพลังงานทดแทนสามารถพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่สร้างประสบการณ์ตรง เชื่อมโยงบริบทจริง และนำผู้เรียนไปสู่การคิดอย่างมีเหตุผลบนฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ ส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทั้งด้านความเข้าใจ เนื้อหา ทักษะกระบวนการ และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง พลังงานทดแทน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของ คณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และโรงเรียนสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณะ ประฉิมมะ และ เอื้อมพร หลินเจริญ. (2566). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณทางไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Journal of Modern Learning Development, 9*(2), 57–72.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ทวิพงศ์ ศรีสุวรรณ. (2567). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่องแสงเชิงคลื่น และเรื่องแสงเชิงรังสี รหัส ว30203 วิชาฟิสิกส์ 3 (รายวิชาเพิ่มเติม) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์, 2*(2), 15–30. https://so07.tci-thaijo.org/index.php/VRUJ

สมชาย ใจบาน, แสงระวี ณ ลำพูน และ ธิดารัตน์ สุขประภาภรณ์. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์โดยใช้ทรัพยากรท้องถิ่นของนักเรียนโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. *สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 26*(2), 65–72.

สุกัลยา ทิมรุณ. (2564). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องชีวิตในสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วรนันท์ เหล็กเพชร, สุวิมล พิบูลย์, ธัญจิรา บุญพิชญาภา, สุชาดา บุญนิยม, ชวลิตวิทย์ คุ้มทรัพย์, และ จิรรัช เพลิดพริ้ง. (2565). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ภาคสนามเรื่องการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงสู่การเชื่อมโยงการศึกษาพลังงานสีเขียว. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, *13*(1), 42–54.

Bao, L., & Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 1*(2). https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8

Coletta, V. P. (2023). Evidence for a normal distribution of normalized gains. *Physical Review Physics Education Research, 19*(1), 010111. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010111

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Ince, E. (2018). An overview of problem solving studies in physics education. *Journal of Education and Learning, 7*(4), 191–200. https://doi.org/10.5539/jel.v7n4p191

Murphy, P. K., Greene, J. A., Firetto, C. M., Li, M., Lobczowski, N. G., Duke, R. F., Wei, L., & Croninger, R. M. V. (2017). Exploring the influence of homogeneous versus heterogeneous grouping on students' text-based discussions and comprehension. *Contemporary Educational Psychology, 51*, 336–355. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.09.003

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับชุดกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของระบบมวล–สปริง ที่ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์อัลตราโซนิค เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน

Phenomenon–based learning integrated with harmonic motion activities of a mass–spring system utilizing a microcontroller and ultrasonic sensor to enhance upper secondary students' competency in explaining scientific phenomena in Pa Sang District, Lamphun Province

ชินภัทธ์ เดชผล[1] ชเนษฎ์ วิชาศิลป์[2] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2*]

Chinnaphat Dechpol[1], Chanade Wichasilp[2] and Panupat Chaiworn[2*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐานเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก และ (2) พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 23 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยชุดกิจกรรม แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ก่อน–หลังเรียน ข้อมูลถูกวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา (IOC) สถิติ t–test แบบพึ่งพากัน และ normalized gain (g)

ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่า E_1 เท่ากับ 80.54 และ E_2 เท่ากับ 81.45 และผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีค่า IOC อยู่ในระดับดี แสดงถึงความเที่ยงตรงของเครื่องมือ ในด้านการพัฒนาสมรรถนะ พบว่าสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 12.28, Sig = 0.000) โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีค่า normalized gain (g) เท่ากับ 0.60 อยู่ในระดับปานกลางค่อนไปทางสูง นอกจากนี้ ทั้งหกตัวบ่งชี้มีพัฒนาการเพิ่มขึ้น โดยตัวบ่งชี้ที่มีพัฒนาการมากที่สุดคือ การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสะท้อนว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐานที่สร้างขึ้นมีประสิทธิผลในการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน, การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก, สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

---

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science (Science Teaching), Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[2] Department of Physic and General Science, Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author: Panupat_Cha@g.cmru.ac.th

Abstract

This study aimed (1) to develop and determine the effectiveness of a phenomenon–based learning activity set on harmonic motion, and (2) to enhance upper secondary students' competency in explaining scientific phenomena. The sample consisted of 23 students. The research instruments included the activity set, lesson plans, and pre–learning and post–learning assessments of scientific phenomenon–explaining competency. The data were analyzed using effectiveness analysis (E_1/E_2), the Index of Item–Objective Congruence, the paired–sample t–test, and normalized gain.

The findings revealed that the activity set demonstrated effectiveness exceeding the 80/80 benchmark, with an E_1 value of 80.54 and an E_2 value of 81.45. The quality evaluation conducted by experts showed that the Index of Item–Objective Congruence was at a good level, indicating strong content validity. Regarding competency development, the students' scientific phenomenon–explaining competency significantly increased at the .05 level (t = 12.28, significance = 0.000), with post–learning scores higher than pre–learning scores. The normalized gain was 0.60, representing a medium–to–high level of improvement. All six competency indicators showed positive development, with the highest improvement found in the ability to recall and appropriately apply scientific knowledge. These results indicate that the developed phenomenon–based learning activity set is effective in enhancing students' competency in explaining scientific phenomena.

Keywords: Phenomenon–Based Learning, Harmonic Motion, Scientific Phenomenon–Explaining Competency

บทนำ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทห้องเรียนไทยยังเผชิญข้อจำกัดสำคัญ โดยเฉพาะการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นสมการและแนวคิดเชิงนามธรรมมากกว่าการวิเคราะห์และอธิบายปรากฏการณ์จริง ส่งผลให้นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และขาดทักษะการใช้เหตุผลเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ซึ่งสะท้อนจากรายงานของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2563)

ข้อมูลจากการประเมิน PISA 2022 ด้านวิทยาศาสตร์ยังชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาสมรรถนะดังกล่าว โดยนักเรียนไทยมีผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD และมีสัดส่วนของผู้เรียนที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถึงระดับขั้นต่ำตามเกณฑ์ยังไม่สูงนัก สะท้อนว่าผู้เรียนจำนวนหนึ่งยังขาดความสามารถในการเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับหลักฐานเชิงประจักษ์และสถานการณ์จริง ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญตามกรอบการประเมินของ PISA

ปัญหาดังกล่าวปรากฏชัดในการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเฉพาะเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ซึ่งนักเรียนมักเรียนรู้ผ่านกราฟและสมการเป็นหลัก ทำให้เข้าใจเนื้อหาในเชิงรูปแบบแต่ไม่สามารถอธิบายกลไกของปรากฏการณ์ได้อย่างลึกซึ้ง งานวิจัยของ Young และ Freedman (2016) รวมถึง Kähkönen และ Lavonen (2020) ระบุว่านักเรียนจำนวนมากยังมีข้อจำกัดในการอธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์โดยใช้หลักฐานและเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเป็นแนวทางที่ช่วยเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริง โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้จากปรากฏการณ์ ผ่านการสังเกต ตั้งคำถาม สืบเสาะ และสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งช่วยส่งเสริมการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล (Lonka et al., 2021; Ahteenmäki-Pelkonen et al., 2021) อย่างไรก็ตาม การนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้ให้เกิดผลจำเป็นต้องอาศัยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้จึงมีบทบาทสำคัญในการนำผู้เรียนไปสู่การเรียนรู้จากปรากฏการณ์อย่างเป็นลำดับ โดยควรประกอบด้วย คู่มือการใช้ชุดกิจกรรม สถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาตั้งต้น ใบกิจกรรมและใบงาน สื่อทดลองและอุปกรณ์ เนื้อหาสาระประกอบการเรียนรู้ และแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน เพื่อสนับสนุนการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน งานวิจัยของ สุพิชชา นาเทพ (2566) พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่เปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูล และอธิบายจากหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ขณะที่ ฤทัยวรรณ สุวพนาวิวัฒน์ และอลงกรณ์ อัศวโสวรรณ (2568) รายงานว่าการจัดกิจกรรมลักษณะดังกล่าวช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และสุชานันท์ วรวัฒนานนท์ และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์ (2566) ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐานที่เน้นการทำงานกลุ่มและการอภิปรายจากสถานการณ์จริง ช่วยพัฒนาการคิดและการอธิบายเชิงเหตุผลของผู้เรียนได้อย่างเป็นลำดับ

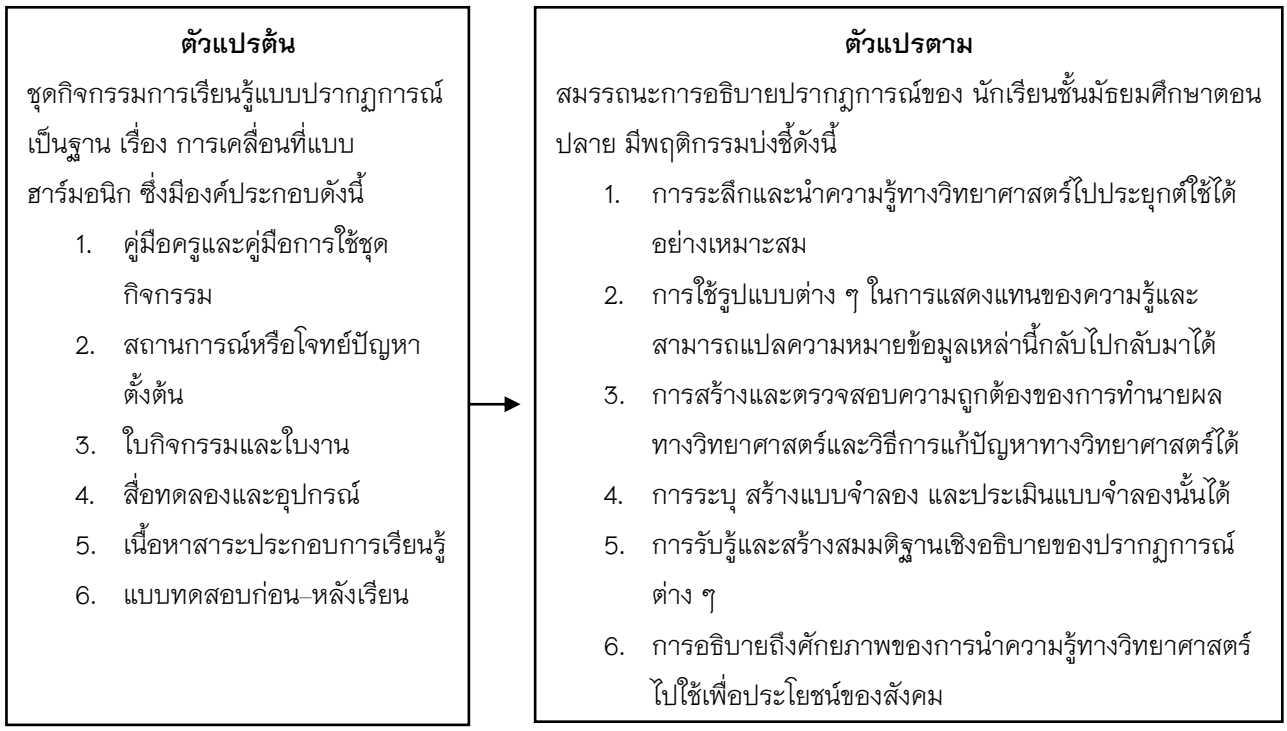
จากปัญหาและความจำเป็นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้เชิงนามธรรม และส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในบริบทโรงเรียนไทย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน
2. เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของระบบมวล-สปริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ทำให้พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้น โดยมีกรอบแนวคิดของงานวิจัยดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

ประชากร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมในอำเภอป่าซาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูน ได้แก่ โรงเรียนป่าซาง โรงเรียนวชิรป่าซาง และโรงเรียนน้ำดิบวิทยาคม รวมทั้งสิ้นจำนวน 46 คน

กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยแบ่งนักเรียนตามผลการเรียนออกเป็น 3 ชั้น คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน จากนั้นสุ่มแบบง่ายภายในแต่ละชั้นเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างรวม 23 คน ซึ่งเป็นตัวแทนของประชากรทั้งสามระดับอย่างเหมาะสม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย 3 เครื่องมือ ได้แก่

1. แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีจำนวนทั้งสิ้น 4 แผน การตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) ซึ่งกำหนดเกณฑ์การยอมรับไว้ที่ 0.50 ขึ้นไป ผลการตรวจสอบพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์อัลตราโซนิกเบื้องต้น มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของวัตถุที่ติดปลายสปริง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกที่มีแรงต้านอากาศ มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การประยุกต์การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกในชีวิตประจำวัน มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 จากผลการตรวจสอบดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า

แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนมีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ตั้งแต่ 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในระดับยอมรับได้ถึงระดับสูง และ ผ่านเกณฑ์การพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาตามที่กำหนดไว้ทุกแผน

2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรมย่อยตามลำดับการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ (1) เสียงสะท้อนแห่งการวัด (2) สปริงสั่นข้อมูลเคลื่อนไหว (3) Squid Physics รูปร่างท้าทายแรงต้าน และ (4) Resonance Reality เมื่อฟิสิกส์ตรงกับชีวิตจริง

การตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรม ผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) เท่ากับ **1.00** ซึ่งอยู่ในระดับสูงและเป็นที่ยอมรับตามเกณฑ์ นอกจากนี้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของระบบมวล–สปริง มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 80.54/81.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 80/80

3. แบบทดสอบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้สำหรับการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ พบว่ามีค่า IOC เท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับยอมรับได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นได้นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ โดยผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อสอบมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.43–0.78 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.21–0.63 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้คำนวณค่าความเที่ยงของแบบทดสอบด้วยสูตรคูเดอร์–ริชาร์ดสัน 20 (KR–20) พบว่ามีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.88 แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นในระดับสูง

การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ได้แก่ แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบด้านค่าความยากง่าย ดัชนีอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนแรก ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก เพื่อวัดสมรรถนะพื้นฐานของผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 4 กิจกรรม ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยจัดการเรียนรู้ในรายวิชา ฟิสิกส์ ใช้เวลาแผนละ 2 ชั่วโมง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 8 ชั่วโมง ทั้งนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้อธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์โดยเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์จริง เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ครบทุกกิจกรรม ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน เพื่อนำผลคะแนนที่ได้มาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของระบบมวล–สปริง ตามเกณฑ์ 80/80 จากนั้นได้วิเคราะห์

เปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก โดยวิธีการทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีเทสแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent sample t-test) และวิเคราะห์ผลการพัฒนาการเรียนรู้ (Normalized Gain) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน

ผลการศึกษา

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนในอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน จำนวน 23 คน เพื่อศึกษาพัฒนาการของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงตรวจสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น ผลการจัดการเรียนรู้ปรากฏดังนี้

1. ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก

ตารางที่ 1 ผลการหาคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอ- นิก

รายการ	ค่า IOC	การแปรผล
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก	1.00	ใช้ได้

***หมายเหตุ:** ค่า IOC ที่รับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

จากตารางที่ 1 แสดงผลการหาคุณภาพของชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก มีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) เท่ากับ 1.00 ซึ่งอยู่ในระดับสูงและเป็นที่ยอมรับตามเกณฑ์ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ต้องการวัดอย่างเหมาะสม

ตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ตามเกณฑ์ 80/80

รายการ	ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ	แปลผล
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก	E_1	40	80.54	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	30	81.45	สูงกว่าเกณฑ์

จากตารางที่ 2 พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของระบบมวล–สปริงมีค่า E_1 = 80.54 และ E_2 = 81.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 80/80 จึงสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก โดยใช้สถิติทดสอบ t-test Dependent Sample

รายการประเมิน	การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	d	$S.D._d$	t	Sig
สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	23	30	16.61	3.42	8.04	3.14	12.28*	.000
	หลังเรียน	23	30	24.65	2.25				

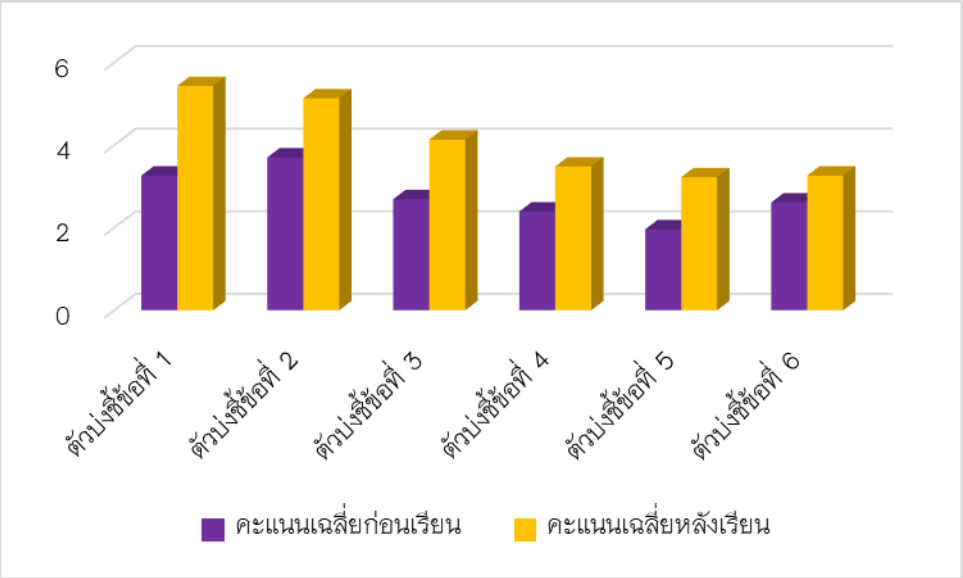
** ระดับนัยสำคัญ .05*

จากตารางแสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 16.61 คะแนน (S.D. = 3.42) ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 24.65 คะแนน (S.D. = 2.25) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน เมื่อนำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนมาคำนวณเป็นคะแนนความก้าวหน้า (d) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.04 คะแนน ($S.D._d$ = 3.14) ผลการทดสอบด้วยสถิติ t-test แบบพึ่งพา (Paired Samples t-test) พบว่า ค่า t มีค่าเท่ากับ 12.28 และมีค่า Sig. (1-tailed) = 0.000 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ตารางแสดงคะแนนก่อนเรียน-หลังเรียน และความก้าวหน้าแยกตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้สมรรถนะ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน	คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน	คะแนนที่เปลี่ยนไป
การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม	5	3.26	5.43	+2.17
การใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมาได้	5	3.70	5.13	+1.43
การสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้	5	2.69	4.13	+1.44
การระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้	5	2.39	3.48	+1.09
การรับรู้และสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ	5	1.96	3.22	+1.26

ตัวบ่งชี้สมรรถนะ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน	คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน	คะแนนที่เปลี่ยนไป
การอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม	5	2.61	3.26	+0.65
รวม	30	16.61	24.65	+8.04



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบผลการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์แยกตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากตารางที่ 4 และภาพที่ 2 แสดงคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแยกตามตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ด้าน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกตัวบ่งชี้ โดยตัวบ่งชี้ที่มีพัฒนาการมากที่สุดคือ ตัวบ่งชี้ที่ 1 การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเพิ่มขึ้น 2.17 คะแนน รองลงมาคือ ตัวบ่งชี้ที่ 3 การสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ และ ตัวบ่งชี้ที่ 2 การใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมาได้ ตามลำดับ ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานช่วยพัฒนาสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ทุกด้าน โดยเฉพาะด้านการประยุกต์ใช้ความรู้และการใช้เหตุผลเชิงข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 5 ตารางแสดงค่า Normalized Gain (g) จากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

รายการวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	ค่า g	การแปลความหมาย
กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 23 คน (จำนวนข้อสอบในชุด 30 ข้อ)	690	382	567	0.60	ปานกลางค่อนไปทางสูง

ในการวิเคราะห์ประสิทธิผลของชุดกิจกรรมเพิ่มเติม ได้คำนวณค่า Normalized Gain (g) เพื่อประเมินระดับการพัฒนาทางการเรียนรู้ของนักเรียน โดยพิจารณาจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนตามสูตรของ Hake (1998) ซึ่งนิยามว่าเป็นอัตราส่วนของ “ความก้าวหน้าที่เกิดขึ้นจริง” ต่อ “ความก้าวหน้าที่เป็นไปได้สูงสุด”

จากผลการคำนวณพบว่า ค่า g เท่ากับ 0.60 ซึ่งอยู่ในช่วง ระดับปานกลางค่อนไปทางสูง ($0.3 \leq g < 0.7$) ตามเกณฑ์ของ Hake แสดงว่านักเรียนมีการพัฒนาความรู้เพิ่มขึ้นในระดับที่ดี และชุดกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิผลอย่างชัดเจน สามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมที่ใช้ในการสอนมีประสิทธิผลในระดับที่ดี และมีส่วนช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 80.54/81.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้จริง ทั้งนี้ ชุดกิจกรรมดังกล่าวได้รับการออกแบบตามแนวคิดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน ซึ่งเน้นการเริ่มต้นจากปรากฏการณ์จริง กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเชื่อมโยงปรากฏการณ์กับหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ

ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ผู้เรียนจะสร้างความรู้ใหม่จากประสบการณ์ตรงและการเชื่อมโยงกับความรู้เดิม (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978) การออกแบบชุดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ลงมือทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์ และอภิปรายผลร่วมกัน จึงเอื้อต่อการสร้างความหมายของความรู้ และส่งผลให้การเรียนรู้มีความคงทนและลึกซึ้ง นอกจากนี้ การใช้ปรากฏการณ์จริงเป็นบริบทของการเรียนรู้ยังสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายของ Ausubel (1968) ที่ระบุว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างมีความหมายเมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาใหม่เข้ากับโครงสร้างความรู้เดิมของตนเองได้

ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Lonka et al. (2021) ที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐานช่วยส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเชิงลึก อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Mikroyannidis et al. (2020) ที่พบว่าการใช้สื่อดิจิทัลและข้อมูลจากโลกจริงช่วยเสริมสร้างความเข้าใจด้านฟิสิกส์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 23 คน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 12.28$, $p = 0.000$) โดยค่าเฉลี่ยเพิ่มจาก 16.61 เป็น 24.65 และมีค่าดัชนีการเพิ่มขึ้นของการเรียนรู้ (g) เท่ากับ 0.60 ซึ่งอยู่ใน

ระดับปานกลางค่อนไปทางสูง สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ตามตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้ง 6 ด้าน พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในทุกด้าน ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากลักษณะของชุดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างครบถ้วน ตั้งแต่การระลึกและประยุกต์ใช้ความรู้ การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์จากข้อมูลจริง ไปจนถึงการอธิบายและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยตัวบ่งชี้ที่มีพัฒนาการสูงที่สุดคือ การระลึกและการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Kolb (1984) ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงและการสะท้อนคิดจากการปฏิบัติจริง

ในขณะที่สมรรถนะขั้นสูง เช่น การสร้างแบบจำลองและการตั้งสมมติฐาน มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นแต่ยังน้อยกว่าด้านอื่น อาจเนื่องมาจากสมรรถนะดังกล่าวต้องอาศัยทักษะการคิดขั้นสูงและการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Lehesvuori et al. (2022) ที่ระบุว่าทักษะการสร้างแบบจำลองและการตั้งสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างเป็นลำดับ ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่มีการสะท้อนคิดและการให้ข้อเสนอแนะอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ผลดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานของ Rautari et al. (2022) และ Kronqvist et al. (2020) ที่ยืนยันว่าการใช้ข้อมูลจากสถานการณ์จริงและเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น เซนเซอร์และอุปกรณ์ตรวจวัด ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจด้านการเคลื่อนที่และกระบวนการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิผล

โดยสรุป การจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยี เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์อัลตราโซนิค มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในทุกด้าน โดยเฉพาะด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ การใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ และการเชื่อมโยงปรากฏการณ์กับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ ผลการวิจัยสะท้อนว่าการออกแบบชุดกิจกรรมที่เริ่มจากปรากฏการณ์จริง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ วิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายจากหลักฐาน สามารถสนับสนุนการพัฒนาสมรรถนะตามกรอบการประเมิน PISA 2025 และเป้าหมายการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้

1. ครูสามารถนำชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐานนี้ ไปประยุกต์ใช้ในหัวข้ออื่นที่เกี่ยวข้องกับ “ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์” เช่น คลื่น การสั่นพ้อง หรือการเคลื่อนที่แบบมีแรงต้าน เพื่อเสริมความเข้าใจเชิงลึกและการเชื่อมโยงกับโลกจริง
2. โรงเรียนควรสนับสนุนการใช้เทคโนโลยี เช่น เซนเซอร์ดิจิทัล และไมโครคอนโทรลเลอร์ในการจัดกิจกรรม เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนเห็นรูปแบบข้อมูลจากปรากฏการณ์จริงได้อย่างแม่นยำ
3. ชุดกิจกรรมนี้สามารถบูรณาการกับรายวิชาอื่น เช่น คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ (STEM Education) และพัฒนาทักษะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21
4. ผลงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบในการอบรมครูด้านปรากฏการณ์เป็นฐาน เพื่อขยายผลสู่โรงเรียนอื่นในเขตพื้นที่

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาผลระยะยาวของการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน ว่าผู้เรียนยังสามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ได้หรือไม่

2. เพิ่มการวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์ผู้เรียนเพื่อทำความเข้าใจพัฒนาการทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง
3. เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐานกับการสอนแบบ Active Learning อื่น ๆ เช่น STEM หรือ Inquiry–Based Learning

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับชุดกิจกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของระบบมวล–สปริง ที่ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์อัลตราโซนิค เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของ คณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โรงเรียนป่าซาง โรงเรียนวชิรป่าซาง และโรงเรียนน้ำดิบวิทยาคม ที่ให้การสนับสนุนจิวัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon–Based Learning).* กรุงเทพฯ: สสวท.

สุพิชชา นาเทพ. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, 15(2), 251–263.

ฤทัยวรรณ สุวพนาวิวัฒน์, & อลงกรณ์ อัศวโสวรรณ. (2568). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องภัยพิบัติทางธรรมชาติ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับแอปพลิเคชันออนไลน์. วารสารการศึกษาเชิงประยุกต์, 3(1), 30–43.

สุชานันท์ วรวัฒนานนท์, & สกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2566). การศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เรื่องปรากฏการณ์ของโลกและภัยธรรมชาติของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารวิชาการครุศาสตร์, 14(2), 85–98.

Ahteenmäki–Pelkonen, L., Hahl, K., & Rautopuro, J. (2021). Students' scientific explanations in phenomenon–based learning environments. *Science Education International, 32*(3), 193–203.

Aksela, M., & Vihma, L. (2019). Supporting teachers in designing phenomenon–based learning modules. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education, 7*(1), 32–52.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.

Hake, R. R. (1998). Interactive–engagement versus traditional methods: A six–thousand–student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Hakkarainen, K., Lonka, K., & Lipponen, L. (2004). *Tutkiva oppiminen: Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä.* WSOY.

Kähkönen, M., & Lavonen, J. (2020). Designing phenomenon–based learning units to enhance deep understanding in physics. *Research in Science & Technological Education, 38*(4), 456–475.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.

Kronqvist, H., Björn, A., & Salmi, H. (2020). The role of digital sensors in supporting scientific inquiry and phenomenon–based learning. *Journal of Science Education and Technology, 29*(5), 673–685.

Lehesvuori, S., Ratinen, I., & Viiri, J. (2022). Enhancing students' scientific explanation skills through phenomenon–based science teaching. *International Journal of Science Education, 44*(2), 245–265.

Lonka, K., Navarro, L., & Mäkinen, M. (2021). Phenomenon–based learning: Research–based foundations and future directions. *Frontline Learning Research, 9*(2), 4–24.

Mikroyannidis, A., Okada, A., & Scott, P. (2020). Using real–world data and sensor–based activities in phenomenon–driven science education. *Smart Learning Environments, 7*(1), 1–15.

OECD. (2025). *PISA 2025 science framework.* OECD Publishing. https://www.oecd.org/pisa

Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.

Rautari, S., Lehesvuori, S., & Viiri, J. (2022). The impact of phenomenon–based learning on students' abilities to explain scientific phenomena. *Teaching and Teacher Education, 113*, 103668. https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103668

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2016). *University physics with modern physics* (14th ed.). Pearson Education.

การศึกษาภาวะสุขภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา

Study of mental health and mental Health self-care behavior of high school students at the demonstration school, University of Phayao

พัชรินทร์ คัสเตศรี[1*]

Patcharin Katsatasri[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ปีการศึกษา 2568 จำนวน 418 คน วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แบบประเมินภาวะสุขภาพจิต DASS-21 2) แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต โดยใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า (1) การศึกษาภาวะสุภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไปกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 56.4) อายุในช่วง 16 ปี (ร้อยละ 32,$\bar{X}$=2.47) เกรดเฉลี่ยสะสม 3.01-3.50 (ร้อยละ 48.8, $\bar{X}$=3.54) จากการสำรวจคัดกรองโดยใช้แบบประเมินภาวะสุขภาพจิต DASS-21 พบผลอยู่ในระดับรุนแรงมาก คือ กลุ่มภาวะวิตกกังวล ซึ่งจำแนกนักเรียนตามระดับชั้น ได้แก่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาวะวิตกกังวล (ร้อยละ 20.4) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาวะวิตกกังวล (ร้อยละ 20.2) และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 ภาวะวิตกกังวล (ร้อยละ 16.7) (2) ผลการศึกษาพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$= 2.55) ด้านการติดต่อด้านที่มีประสิทธิภาพ ($\bar{X}$= 2.87) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และด้านการดูแลตนเองทั่วไป ($\bar{X}$= 2.31) มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ภาวะสุขภาพจิต, พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต, นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

[1] โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Demonstration School, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author: patcharin.ka@up.ac.th

Abstract

This research was a survey study. The target population consisted of 418 upper secondary school students at the Demonstration School, University of Phayao, during the 2025 academic year. Research Objective: To examine the mental health self-care behaviors of upper secondary school students. The objectives of this study were: (1) The Depression Anxiety Stress Scales (DASS-21), and (2) A self-care behavior questionnaire on mental health. The statistical methods, including percentage, mean, and standard deviation, were used to analyze the data. The research findings revealed that: (1) Among the factors affecting students' mental health, most participants were female (56.4%), aged 16 years (32%, $\bar{X}$= 2.47), and had a cumulative grade point average (GPA) between 3.01- 3.50 (48.8%, $\bar{X}$= 3.54). The screening using the DASS-21 indicated a very severe level of mental health problems, particularly in the anxiety dimension. When classified by grade level, the average anxiety scores were highest among Grade 10 students (20.4%), followed by Grade 11 students (20.2%) and Grade 12 students (16.7%). (2) Regarding self-care behaviors related to mental health, the overall level was moderate ($\bar{X}$= 2.55). The aspect with the highest mean score was effective communication ($\bar{X}$ = 2.87), while the aspect with the lowest mean score was general self-care ($\bar{X}$ = 2.31).

Keywords: Mental health, Self-care behaviors related to mental health, High School Students

บทนำ

ประชากร 1 ใน 6 คนมีอายุระหว่าง 10-19 ปี วัยรุ่นเป็นช่วงเวลาแห่งการพัฒนาที่พิเศษและพิเศษ การเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย อารมณ์ และสังคม รวมถึงการเผชิญกับความยากจน การถูกทำร้าย หรือความรุนแรง อาจทำให้วัยรุ่นมีความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพจิต การปกป้องวัยรุ่นจากความทุกข์ยาก การส่งเสริมการเรียนรู้ทางสังคมและอารมณ์ และความเป็นอยู่ที่ดีทางจิตใจ และการสร้างความมั่นใจในการเข้าถึงการดูแลสุขภาพจิต ล้วนเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของพวกเขาในช่วงวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ ทั่วโลกคาดว่าวัยรุ่นอายุ 10-19 ปี หนึ่งในเจ็ดคน (14.3%) ประสบปัญหาสุขภาพจิต แต่ปัญหาเหล่านี้ยังไม่ได้รับการยอมรับและไม่ได้รับการรักษาเป็นส่วนใหญ่ และวัยรุ่นที่มีภาวะสุขภาพจิตมีความเสี่ยงต่อการถูกแยกออกจากสังคม การเลือกปฏิบัติ การตีตรา (ซึ่งส่งผลต่อความพร้อมในการขอความช่วยเหลือ) ความยากลำบากทางการศึกษา พฤติกรรมเสี่ยง สุขภาพกายไม่ดี และการละเมิดสิทธิมนุษยชน เป็นพิเศษ (Institute for Health Metrics and Evaluation, 2024) วัยรุ่นเป็นช่วงสำคัญในการพัฒนานิสัยทางสังคมและอารมณ์ ซึ่งสำคัญต่อสุขภาพจิต ซึ่งรวมถึงการปรับพฤติกรรมการนอนหลับให้เหมาะสม การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ การพัฒนาทักษะการรับมือ การแก้ปัญหา และทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และการเรียนรู้การจัดการอารมณ์ สภาพแวดล้อมที่ปกป้องและสนับสนุนทั้งในครอบครัว ที่โรงเรียน และในชุมชนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ปัจจัยหลายประการส่งผลต่อสุขภาพจิต ยิ่งวัยรุ่นเผชิญกับปัจจัยเสี่ยงมากเท่าไหร่ ผลกระทบต่อสุขภาพจิตก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ปัจจัยที่อาจทำให้เกิดความเครียดในช่วงวัยรุ่น ได้แก่ การเผชิญกับความยากลำบาก แรงกดดันให้ปรับตัวเข้ากับเพื่อน และการสำรวจอัตลักษณ์ อิทธิพลของสื่อและบรรทัดฐานทางเพศอาจทำให้ความเหลื่อมล้ำระหว่างความเป็นจริงที่วัยรุ่นเผชิญและการรับรู้หรือความปรารถนาในอนาคตยิ่งทวีความรุนแรงขึ้น ปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ได้แก่ คุณภาพชีวิตที่บ้านและความสัมพันธ์กับเพื่อน ความรุนแรง (โดยเฉพาะความรุนแรงทางเพศและการกลั่นแกล้ง) การเลี้ยงดูที่รุนแรง และปัญหาร้ายแรงและปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคม ล้วนเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับกันดีต่อสุขภาพจิต (WHO,

2024) วัยรุ่นบางคนมีความเสี่ยงสูงที่จะมีปัญหาสุขภาพจิตเนื่องจากสภาพความเป็นอยู่ การตีตรา การเลือกปฏิบัติหรือการกีดกัน หรือการขาดการเข้าถึงการสนับสนุนและบริการที่มีคุณภาพ ซึ่งรวมถึงวัยรุ่นที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปราะบางและต้องการความช่วยเหลือด้านมนุษยธรรม วัยรุ่นที่ป่วยเรื้อรัง ออทิสติกสเปกตรัม ความบกพร่องทางสติปัญญา หรือภาวะทางระบบประสาทอื่น ๆ วัยรุ่นที่ตั้งครรภ์ พ่อแม่วัยรุ่น หรือผู้ที่แต่งงานตั้งแต่อายุยังน้อยหรือถูกบังคับ เด็กกำพร้า และวัยรุ่นที่มีภูมิหลังทางชาติพันธุ์หรือเพศสภาพเป็นชนกลุ่มน้อย หรือกลุ่มที่ถูกเลือกปฏิบัติอื่น ๆ ความผิดปกติทางอารมณ์พบได้บ่อยในวัยรุ่น ความผิดปกติทางความวิตกกังวล (ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความตื่นตระหนกหรือความกังวลมากเกินไป) เป็นโรคที่พบมากที่สุดในกลุ่มอายุนี้ และพบได้บ่อยในผู้สูงอายุมากกว่าวัยรุ่นที่อายุน้อยกว่า คาดว่า 4.1% ของเด็กอายุ 10–14 ปี และ 5.3% ของเด็กอายุ 15–19 ปี มีอาการวิตกกังวล (1) ภาวะซึมเศร้าคาดว่าจะเกิดขึ้นในวัยรุ่นอายุ 10–14 ปี 1.3% และ 3.4% ของเด็กอายุ 15–19 ปี (2) ภาวะซึมเศร้าและความวิตกกังวลมีอาการบางอย่างที่เหมือนกัน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงอารมณ์อย่างรวดเร็วและไม่คาดคิด ความวิตกกังวลและโรคซึมเศร้าอาจส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการเข้าเรียนและการเรียน การแยกตัวจากสังคมอาจทำให้ความรู้สึกโดดเดี่ยวและเหงารุนแรงขึ้น ภาวะซึมเศร้าอาจนำไปสู่การฆ่าตัวตาย (WHO, 2000–2024) และหากวัยรุ่นไม่สามารถปรับตัว ไม่สามารถจัดการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ หรือไม่สามารถสร้างสัมพันธภาพกับบุคคลอื่น เพื่อขอความช่วยเหลือจากแหล่งสนับสนุนทางสังคมได้ เมื่อเผชิญกับปัญหาเหตุการณ์ความเครียด จะส่งต่อภาวะสุขภาพจิต ซึ่งเป็นสภาวะของอารมณ์ ความรู้สึก และพฤติกรรมการแสดงออกของวัยรุ่น เพื่อตอบสนองและปรับตัวกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน โดยวัยรุ่นจะมีการแสดงออกของภาวะสุขภาพจิตทางด้านลบ (Mental stress/ Psychological distress) หรือภาวะบีบคั้นทางอารมณ์ ได้แก่ ความรู้สึกไม่เป็นสุข ความวิตกกังวล มีความบกพร่องทางสังคม มีปัญหาด้านสัมพันธภาพและมีอาการซึมเศร้า (Veit CT, Ware JE, Jr, 1983:30–42) ส่งผลให้วัยรุ่นมีแนวโน้มเป็นผู้ที่มีปัญหาสุขภาพจิต และนำไปสู่พฤติกรรมเสี่ยงที่อาจก่อปัญหาสังคมต่าง ๆ ตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาสุขภาพจิตของวัยรุ่นตอนกลางที่มีช่วงอายุ 16–18 ปี และกำลังศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นช่วงวัยของการเตรียมตัวสอบเพื่อเข้าเรียนต่อในระดับอุดมศึกษาต่อไป

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยพะเยา อยู่ในช่วงวัยรุ่น ซึ่งจัดเป็นไว้วิกฤต เนื่องจากเป็นวัยที่มีภาวะอารมณ์แปรปรวนสูง วุฒิภาวะทางอารมณ์ยังไม่สมบูรณ์ จึงมีความสับสนในการวางบทบาทของตนเองในสังคม ขาดทักษะและประสบการณ์ในการเผชิญปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังพบว่า ภาวะความเครียดจะส่งผลกระทบทั้งด้านบวกและลบต่อวัยรุ่น โดยภาวะเครียดที่พอเหมาะจะมีผลทางบวกทำให้ความสามารถในการเรียนรู้และความจำดีขึ้น ภาวะเครียดที่มากเกินไปจะทำให้ความสามารถในการเรียนรู้และความจำลดลง ในขณะที่ภาวะเครียดที่รุนแรงและต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานร่วมกับการจัดการความเครียดที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลทำให้เกิดปัญหาสุขภาพจิตตามมา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ได้รับการคัดกรองสุขภาพจิตเบื้องต้น ในปี 2564–2567 โดยภาพผลการคัดกรองพบ ว่านักเรียนที่มีภาวะความเครียดอยู่ในระดับมาก และความเครียดอยู่ในระดับรุนแรง และพบนักเรียนที่รักษาอาการป่วยซึมเศร้าในปี 2564–2567 จำนวน 6 ราย (การรายงานผลการคัดกรองสุขภาพจิตเบื้องต้น ฝ่ายแนะแนวโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา, 2564–2567) ส่งผลกระทบทำให้การใช้ชีวิตประจำวันของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาทั้งตอนต้นและตอนปลาย เกิดภาวะความเครียดสะสมอาจจะไปสู่ภาวะซึมเศร้าเพิ่มขึ้น ปัญหาการทำร้ายร่างกายตนเอง และอาจจะนำไปสู่การฆ่าตัวตายตามมา

จากปัญหาและความสำคัญที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาภาวะสุภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นข้อมูลในการดูตนเองด้านภาวะสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และเป็นข้อมูลแนวทางสำหรับผู้ที่จะช่วยเหลือ ส่งเสริม ป้องกันปัญหาภาวะสุขภาพจิตของกลุ่มนักเรียนที่มีสภาพแวดล้อมสอดคล้องและลักษาเฉพาะตัวของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

นำผลจากการศึกษาภาวะสุขภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนวิธีการที่เหมาะสม อันส่งผลให้เกิดทรัพยากรมนุษย์ของประเทศชาติมีคุณภาพในนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อการศึกษาพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

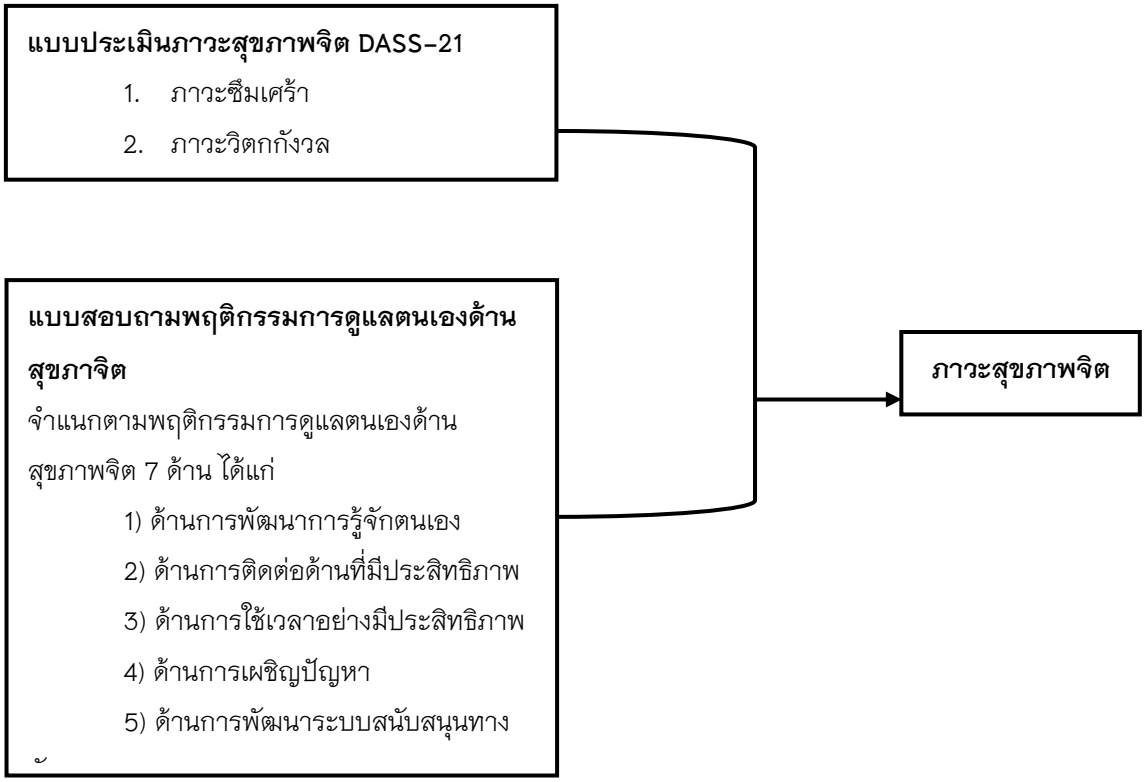
จากการศึกษาค้นคว้าแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับภาวะสุภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายสามารถสรุปแต่ละแนวคิดได้ดังนี้

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาภาวะสุภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา โดยใช้กรอบแนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวกับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อม เหตุการณ์รอบตัว สถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งอธิบายได้ว่า เมื่อมีเหตุการณ์จากภายนอกซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปัญหาทางด้านจิตใจเข้ามากระทบตัวบุคคลแต่ละคน บุคคลมีการประเมินเหตุการณ์นั้นว่าเป็นอันตราย คุกคามตนเองหรือไม่ หากสามารถจัดการกับปัญหานั้นได้ ก็จะสามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต เป็นแหล่งประโยชน์ หนึ่ง ที่จะช่วยให้บุคคลสามารถเผชิญกับสถานการณ์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้

ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดดังกล่าว มาศึกษากลุ่มตัวอย่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งเป็นโรงเรียนประจำนักเรียนส่วนใหญ่มาจากต่างอำเภอ จังหวัด และภูมิภาค ทำให้นักเรียนเกิดความวิตกกังวล ด้านร่างกาย จิตใจ ในการปรับตัวเข้ากับสังคมใหม่เมื่อต้องห่างไกลจากครอบครัว ผู้ปกครอง และสังคมเดิมที่เคยเป็นอยู่ ส่งผลต่อกระทบก่อให้เกิดความรู้สึกไม่มั่นคงทางจิตใจ ไม่ปลอดภัยทางความรู้สึก มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดปัญหาด้านสุขภาพจิต โดยใช้แบบประเมินภาวะสุขภาพจิต (DASS-21) ในการประเมินภาวะสุขภาพจิตว่านักเรียนพบความเสี่ยงสูงด้านภาวะสุขภาพจิตหรือไม่ ได้แก่ ภาวะซึมเศร้า ภาวะความเครียด ภาวะวิตกกังวล และได้นำแนวคิด (จินตนา ยูนิพันธ์, 2534) ที่ได้พัฒนาแนวคิดการดูแลตนเอง ด้านจิตใจของ ฮิล และสมิท (Hill, L., & Smith,1990) ร่วมกับแนวคิดการดูแลตนเองของโอเร็ม (Orem, D.E. et. Al, 2001) เป็นแนวทางในการศึกษา ศึกษาพฤติกรรม การดูแลตนเองได้สุขภาพจิตทั้ง 7 ด้าน คือ 1) ด้านการพัฒนาการรู้จักตนเอง 2) ด้านการติดต่อด้านที่มีประสิทธิภาพ 3) ด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ 4) ด้านการเผชิญปัญหา 5) ด้านการพัฒนาระบบสนับสนุนทางสังคม 6) ด้านการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนา และ 7) ด้านการดูแลตนเองทั่วไป ซึ่งถ้า บุคคลมีพฤติกรรมการดูแลตนเองดังกล่าวเจ็บด้าน ก็สามารถเผชิญกับสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อจิตใจ ได้อย่างมีศักยภาพมากขึ้น เช่นเดียวกัน ถ้านักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มนี้ มีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านจิตใจที่ดีก็จะทำให้สามารถเผชิญกับปัญหา และสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสภาวะสุขภาพจิตให้สามารถดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างปกติสุข

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังนี้



วิธีวิทยาการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2568 จำนวน 418 คน เก็บข้อมูลโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จากแนวคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล มีลักษณะเลือกตอบ จำนวน 10 คำถาม โดยผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบไปด้วยคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว ได้แก่ เพศ อายุ ระดับชั้น ห้องเรียน เกรดเฉลี่ยสะสม การเรียนกวดวิชา/เรียนพิเศษ สถานภาพสมรสของบิดามารดา อาชีพของบิดา อาชีพของมารดา และรายได้เฉลี่ยของครอบครัว

ส่วนที่ 2 แบบประเมินภาวะเครียด ภาวะวิตกกังวล ภาวะซึมเศรา Depress Anxiety Stress Scales (DASS-21) (ณัทธร พิทยรัตนเสถียร และณภัควรรต บัวทอง, 2559) มีขอคำถามจำนวน 21 ขอ ลักษณะคำถามเป็นการตอบเป็นมาตราสวนประมาณคา (Rating Scale) แบงเป็น 4 ระดับ ตามแบบ Likert Scale มีเกณฑการใหคะแนนดังนี้

0 หมายถึง ไม่ตรงกับข้าพเจาเลย

1 หมายถึง ตรงกับขพเจาบ้าง หรือเกิดขึ้นเป็นบางครั้ง

2 หมายถึง ตรงกับข้าพเจา หรือเกิดขึ้นบ่อย

3 หมายถึง ตรงกับข้าพเจามาก หรือเกิดขึ้นบ่อยมากที่สุด ตามลำดับ

ผลรวมของคะแนนในแต่ละส่วนแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ	***คะแนน***		
	ภาวะซึมเศร้า	**ภาวะวิตกกังวล**	**ความเครียด**
ปกติ	0–4	0–3	0–7
เล็กน้อย	5–6	4–5	8–9
ปานกลาง	7–10	6–7	10–12
สูง	11–13	8–9	13–16
รุนแรง	>14	>10	>17

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากแบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของ (จินตนา ยูนิพันธ์,2534) ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบประเมินค่า (Rating Scale) แบงเป็น 4 ระดับ ประเมินจากกิจกรรมที่ปฏิบัติเป็นประจำ ถึงเกือบไม่เคยปฏิบัติ จำนวน 56 ข้อ จำแนกตามพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต 7 ด้าน จำนวนทั้งหมด 35 ข้อ ได้แก่ 1) ด้านการพัฒนาการรู้จักตนเอง 2) ด้านการติดต่อด้านที่มีประสิทธิภาพ 3) ด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ 4)ด้านการเผชิญปัญหา 5) ด้านการพัฒนาระบบสนับสนุนทางสังคม 6) ด้านการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนา และ 7) ด้านการดูแลตนเองทั่วไป กลุ่มตัวอย่างที่มี คะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต 3.50 ขึ้นไป ถือว่ามีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตอยู่ในระดับดี โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ประจำ	หมายถึง	กิจกรรมนั้นท่านทำเป็นประจำ
บ่อยครั้ง	หมายถึง	กิจกรรมนั้นท่านทำบ่อยๆ ครั้ง
บางครั้ง	หมายถึง	กิจกรรมนั้นท่านทำเป็นบางครั้ง
เกือบหรือไม่เคย	หมายถึง	กิจกรรมนั้นท่านเกือบหรือไม่เคยทำ

ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต จำแนกตามพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต 7 ด้าน จำนวนทั้งหมด 35 ข้อ ได้แก่ 1) ด้านการพัฒนาการรู้จักตนเอง 2) ด้านการติดต่อที่มีประสิทธิภาพ 3) ด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ 4) ด้านการเผชิญปัญหา 5) ด้านการพัฒนาระบบสนับสนุนทางสังคม 6) ด้านการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนา และ 7) ด้านการดูแลตนเองทั่วไป การแปลความหมายของระดับคะแนนโดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลคะแนนเป็นตัวชี้วัดตามเกณฑ์ในการวิเคราะห์ ตามแนวคิดของ Best (1993) มีรายละเอียดดังนี้

1.00–1.49 เท่ากับ พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ในระดับต่ำมาก

1.50–2.49 เท่ากับ พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ระดับต่ำ

2.50–3.49 เท่ากับ พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ในระดับปานกลาง

3.50–4.49 เท่ากับ พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ในระดับดี

4.50–5.00 เท่ากับ พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ในระดับดีมาก

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มประชากร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลจากการวิเคราะห์ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม 1) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือไปดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง แบบสอบถามเรื่อง "การศึกษาภาวะสุภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือ" เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ (1) แบบสอบถามข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล (2) แบบประเมินความเครียด ความกังวล ความเศร้า Depress Anxiety Stress Scales (DASS-21) มีข้อคำถามจำนวน 21 ข้อ (3) แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาจิต ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบประเมินค่า (Rating Scale) แบ่งเป็น 4 ระดับ จำนวน 56 ข้อ โดยแจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 418 คน เมื่อกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามเสร็จแล้วผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามโดยพบว่า ได้แบบสอบถามกลับคืนและมีความสมบูรณ์ จำนวน 418 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 เสนอโครงร่างวิจัยที่ผ่านการพิจารณาแล้วให้คณะกรรมการงานวิจัยด้านจริยธรรม ของมหาวิทยาลัยพะเยาเพื่อพิจารณาเกี่ยวกับจริยธรรมในการวิจัย

3.2 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการนำแบบประเมินและแบบสอบถาม ไปแจกให้กับกลุ่มตัวอย่าง และมีการอธิบายคำชี้แจงแนะนำวิธีการตอบแบบประเมินและแบบสอบถาม ให้กลุ่มตัวอย่างทุกคนก่อนตอบแบบประเมินและแบบสอบถามโดยมีมาตรฐานเดียวกันและส่งคืนแก่ผู้วิจัย

3.3 ผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถามทุกฉบับ หากตรวจพบข้อผิดพลาดหรือกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามไม่ครบผู้วิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่าง ตอบแบบสอบถามใหม่และรอรับกลับ

3.4 ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมแบบสอบถามและนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และนำแบบสอบถามที่ตรวจให้คะแนนแล้วมาบันทึกคะแนน โดยการลงรหัสและบันทึกข้อมูลลงคอมพิวเตอร์เพื่อรอการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามกำหนดระยะเวลาที่กำหนดเรียบร้อยแล้วนำข้อมูลที่จัดเก็บและรวบรวมได้ มาวิเคราะห์ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากการศึกษาเรื่อง การศึกษาภาวะสุภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ผู้ศึกษาเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 สรุปผลการศึกษาภาวะสุภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยพะเยา จากแบบประเมินภาวะเครียด ภาวะกังวล ภาวะซึมเศร้า Depress Anxiety Stress Scales (DASS-21) พบว่า ข้อมูลทั่วไปกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 56 มีอายุในช่วง 16 ปี คิดเป็นร้อยละ 32

($\bar{X}$=2.47, S.D.=.99) มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.01 – 3.50 คิดเป็นร้อยละ 48.8 ($\bar{X}$=3.54, S.D.=.85) นักเรียนส่วนใหญ่เรียนห้องเรียน(ปกติ) จำนวน 241 คิดเป็นร้อยละ 57.6 นักเรียนเรียนพิเศษ (เป็นบางครั้ง) จำนวน 217 คน คิดเป็นร้อยละ 51.9 สถานภาพของบิดา–มารดา/หม้าย จำนวน 270 คน คิดเป็นร้อยละ 64.5 ส่วนใหญ่อาชีพบิดา/รับราชการ จำนวน 135 คน คิดเป็นร้อยละ 32.2 และอาชีพมารดา/ รับราชการ จำนวน 155 คน คิดเป็นร้อยละ 37.0 และรายได้ของครอบครัว/เดือน มากกว่า 45,000 บาทจำนวน 179 คน คิดเป็นร้อยละ 42.8 ตามลำดับ

จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างเพื่อคัดกรองปัญหาสุขภาพจิต โดยใช้แบบสอบถามประเมินภาวะสุขภาพจิต DASS–21 โดยมีระดับรุนแรงมาก (extremely severe) แต่ละระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยรวมจำแนกตามระดับชั้น, จำนวน และร้อยละจำแนกตามระดับชั้น พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาวะวิตกกังวล คิดเป็นร้อยละ 20.4 เป็นอันดับแรก ภาวะซึมเศร้า คิดเป็นร้อยละ 3.5 เป็นอันอับสอง ภาวะความเครียด คิดเป็นร้อยละ 2.1 ตามลำดับ ในส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ภาวะวิตกกังวล คิดเป็นร้อยละ 20.2 เป็นอันดับแรก ภาวะซึมเศร้า คิดเป็นร้อยละ 6.2 เป็นอันดับสอง ภาวะความเครียด คิดเป็นร้อยละ 4.8 ตามลำดับ ในส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ภาวะวิตกกังวล คิดเป็นร้อยละ 16.7 ส่วนภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้า เท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 3.4 ดังตารางที่ 1

ผลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างระดับชั้นโดยรวมจำแนกตามระดับชั้น เพื่อคัดกรองปัญหาสุขภาพจิต โดยใช้แบบสอบถามประเมินภาวะสุขภาพจิต DASS–21 ที่อยู่ในระดับรุนแรงมากแต่ละระดับชั้น โดยรวมจำแนกตามระดับชั้น พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาวะวิตกกังวล ($\bar{X}$) = 2.85, S.D = .13 ภาวะความเครียด ($\bar{X}$)= 2.21, S.D = .16 และภาวะซึมเศร้า ($\bar{X}$) = 2.19, S.D = .16 ลำดับที่สอง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาวะวิตกกังวล ($\bar{X}$) = 2.75 , S.D =.07 ภาวะซึมเศร้า ($\bar{X}$) = 2.22 , S.D = .12 และภาวะความเครียด ($\bar{X}$) = 2.01, S.D = .16 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ภาวะวิตกกังวล ($\bar{X}$) =2.30, S.D =.11 ภาวะซึมเศร้า ($\bar{X}$) =1.99, S.D =.21 และภาวะความเครียด ($\bar{X}$) = 1.93 S.D = .06 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ภาวะสุขภาพจิตรายด้านที่อยู่ในระดับรุนแรงมาก แต่ละระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยรวมจำแนกตาม ระดับชั้น, จำนวน และร้อยละจำแนกตามระดับชั้น

ระดับชั้น	***ระดับ***	***ภาวะซึมเศร้า***		***ภาวะวิตกกังวล***		***ภาวะความเครียด***	
	สุขภาพจิต	**จำนวน**	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**
มัธยมศึกษาปีที่ 4	ปกติ	53	37.3	43	30.2	49	34.5
(n=142)	เล็กน้อย	34	23.9	27	19	29	20.4
	ปานกลาง	28	19.7	26	18.3	25	17.6
	รุนแรง	12	8.4	18	12.6	16	11.2
	รุนแรงมาก	5	3.5	29	20.4	3	2.1
มัธยมศึกษาปีที่ 5	ปกติ	60	41.9	44	30.7	62	43.3
(n=143)	เล็กน้อย	28	19.5	23	16	24	16.7
	ปานกลาง	38	26.5	26	18.1	29	20.2
	รุนแรง	8	5.5	21	14.6	21	14.6
	รุนแรงมาก	9	6.2	29	20.2	7	4.8
มัธยมศึกษาปีที่ 6	ปกติ	65	48.8	42	31.5	56	42.1

ระดับชั้น	ระดับสุขภาพจิต	ภาวะซึมเศร้า		ภาวะวิตกกังวล		ภาวะความเครียด	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
(n=133)	เล็กน้อย	23	17.2	20	15	26	19.5
	ปานกลาง	28	21	26	19.5	20	15
	รุนแรง	12	9	21	15	25	18.7
	รุนแรงมาก	5	3.4	24	16.7	5	3.4

ตารางที่ 2 แสดงวิเคราะห์จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และอันดับที่ของประกอบด้วย เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนภาวะสุขภาพจิตรายด้าน ที่อยู่ในระดับรุนแรงมากแต่ละดับชั้นระดับชั้นโดยรวมจำแนก

ภาวะสุขภาพจิต	มัธยมศึกษาปีที่ 4			มัธยมศึกษาปีที่ 5			มัธยมศึกษาปีที่ 6		
	($\bar{X}$)	(S.D.)	อันดับที่	($\bar{X}$)	(S.D.)	อันดับที่	($\bar{X}$)	(S.D.)	อันดับที่
ภาวะซึมเศร้า	1.99	.21	8	2.19	.16	6	2.01	.16	7
ภาวะวิตกกังวล	2.30	.11	3	2.85	.13	1	2.75	.07	2
ภาวะความเครียด	1.93	.06	9	2.21	.12	5	2.22	.12	4

ตามระดับชั้น

ตอนที่ 2 สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา แสดงข้อมูลดังต่อไปนี้

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา มีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$)= 2.53, (S.D.)= .07 เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยาทั้งหมด 7 ด้าน พบว่า อยู่ในระดับต่ำและปานกลาง ดังตารางที่ 2.1

ผลจาการสำรวจพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา โดยรวมจำแนกตามระดับชั้นทั้งหมด 7 ด้าน พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้านการดูแลตนเองทั่วไป ($\bar{X}$)= 2.22, (S.D.)= 0.99 อยู่ในระดับต่ำ ลองลงมาด้านการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนา ($\bar{X}$)= 2.41, (S.D.)= 1.03 อยู่ในระดับต่ำ ส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านการดูแลตนเองทั่วไป ($\bar{X}$)= 2.29, (S.D.)= 1.05 อยู่ในระดับต่ำ ลองลงมาด้านการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนา ($\bar{X}$)= 2.41, (S.D.)= 1.05 อยู่ในระดับต่ำ และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้านการเผชิญปัญหา ($\bar{X}$)= 2.32, (S.D.)= 1.13 อยู่ในระดับต่ำ ลองลงมาด้านการพัฒนาระบบสนับสนุนทางสังคม ($\bar{X}$)= 2.39, (S.D.)= 1.13 อยู่ในระดับต่ำ ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าระดับ และผลโดยภาพรวมพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา

พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต	*($\bar{X}$)*	*(S.D.)*	*ระดับ*
1. ด้านการพัฒนาการรู้จักตนเอง	2.80	.95	ระดับปานกลาง
2. ด้านการติดต่อด้านที่มีประสิทธิภาพ	2.87	.92	ระดับปานกลาง
3. ด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ	2.45	1.12	ระดับต่ำ
4. ด้านการเผชิญปัญหา	2.39	1.11	ระดับต่ำ
5. ด้านการพัฒนาระบบสนับสนุนทางสังคม	2.50	1.01	ระดับปานกลาง
6. ด้านการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนา	2.38	1.05	ระดับต่ำ
7. ด้านการดูแลตนเองทั่วไป	2.31	1.03	ระดับต่ำ
รวม	**2.53**	**.07**	**ระดับปานกลาง**

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต ของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา โดยรวมจำแนกตามระดับชั้น

พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิต	*ระดับชั้นม. 4 (n=142)*			*ระดับชั้นม. 5 (n=143)*			*ระดับชั้นม. 6 (n=133)*		
	($\bar{X}$)	**(S.D.)**	**ระดับ**	**($\bar{X}$)**	**(S.D.)**	**ระดับ**	**($\bar{X}$)**	**(S.D.)**	**ระดับ**
1. ด้านการพัฒนาการรู้จักตนเอง	2.70	1.01	ปานกลาง	2.90	.95	ปานกลาง	2.79	.94	ปานกลาง
2. ด้านการติดต่อด้านที่มีประสิทธิภาพ	2.81	.90	ปานกลาง	2.85	.90	ปานกลาง	2.90	.97	ปานกลาง
3. ด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ	2.42	1.11	ต่ำ	2.54	1.11	ปานกลาง	2.40	1.12	ต่ำ
4. ด้านการเผชิญปัญหา	2.45	1.10	ปานกลาง	2.42	1.10	ต่ำ	2.32	1.13	ต่ำ
5. ด้านการพัฒนาระบบสนับสนุนทางสังคม	2.44	1.10	ต่ำ	2.66	1.02	ปานกลาง	2.39	1.10	ต่ำ
6. ด้านการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนา	2.41	1.05	ต่ำ	2.41	1.03	ต่ำ	2.42	1.06	ต่ำ
7. ด้านการดูแลตนเองทั่วไป	2.29	1.05	ต่ำ	2.22	0.99	ต่ำ	2.43	1.03	ต่ำ
รวม	**2.50**	**.07**		**2.57**	**0.08**		**2.52**	**.07**	

สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาวะสุภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไปกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 56.4 อายุในช่วง 16 ปี ร้อยละ 32 ($\bar{X}$=2.47) เกรดเฉลี่ยสะสม 3.01–3.50 ร้อยละ 48.8 ($\bar{X}$=3.54) จากการสำรวจคัดกรองโดยใช้แบบประเมินภาวะสุขภาพจิต DASS-21 พบว่า ผลอยู่ในระดับรุนแรงมาก คือ กลุ่มภาวะวิตกกังวล ซึ่งจำแนกนักเรียนตามระดับชั้น ได้แก่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาวะวิตกกังวล คิดเป็นร้อยละ 20.4 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาวะวิตกกังวล คิดเป็นร้อยละ 20.2 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาวะวิตกกังวล คิดเป็นร้อยละ 16.7 และผลการใช้แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษา ตอนปลาย พบว่า พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$= 2.55) ด้านการติดต่ออย่างมีประสิทธิภาพ ($\bar{X}$= 2.87) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และด้านการดูแลตนเองทั่วไป ($\bar{X}$= 2.31) มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

อภิปรายผล

จากการศึกษาภาวะสุภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา สามารถนามาอภิปรายตามสมมติฐานของการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จากการศึกษา พบว่า ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 56 มีอายุในช่วง 16 ปี คิดเป็นร้อยละ 32 ($\bar{X}$=2.47, S.D.=.99) มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.01 – 3.50 คิดเป็นร้อยละ 48.8 ($\bar{X}$=3.54, S.D.=.85) นักเรียนส่วนใหญ่เรียนห้องเรียน(ปกติ) จำนวน 241 คิดเป็นร้อยละ 57.6 นักเรียนเรียนพิเศษ (เป็นบางครั้ง) จำนวน 217 คน คิดเป็นร้อยละ 51.9 สถานภาพของบิดา-มารดา/หม้าย จำนวน 270 คน คิดเป็นร้อยละ 64.5 ส่วนใหญ่อาชีพบิดา/รับราชการ จำนวน 135 คน คิดเป็นร้อยละ 32.2 และอาชีพมารดา/ รับราชการ จำนวน 155 คน คิดเป็นร้อยละ 37.0 และรายได้ของครอบครัว/เดือน มากกว่า 45,000 บาทจำนวน 179 คน คิดเป็นร้อยละ 42.8 ตามลำดับ จึงสอดคล้องสอดคล้องกับการศึกษาของ วรพล ปุญญมัย. (2551) ศึกษาเกี่ยวกับสุขภาพจิตและการเลือกคบเพื่อนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมือง จังหวัดน่าน พบว่านักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยน้อยกว่า 2.50 มีค่าคะแนนปัญหาสุขภาพจิตน้อยกว่านักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ย 2.50 ขึ้นไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากปัจจัยผลการเรียนแล้ว ยังพบว่าปัจจัยด้านสถานภาพครอบครัวก็มีความสัมพันธ์ระดับภาวะสุขภาพจิตเช่นเดียวกัน จากข้อมูลทั่วไป พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ64.5) บิดา/มารดาหม้าย และ(ร้อยละ 20) บิดา-มารดาหย่าร้างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อริสา วัชรสินธุ์ และคณะ. (2549) ศึกษาเกี่ยวปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพแนวทางการเสริมสร้างพัฒนาป้องกันและแก้ไขสุขภาพจิตของคนไทย พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อภาวะซึมเศร้าของวัยรุ่น คือ ครอบครัวแตกแยก ความสัมพันธ์ไม่ดีกับผู้ปกครอง บิดา/มารดาเป็นหม้ายไม่ได้อยู่ด้วยกัน ไม่ได้เป็นผู้ดูแลนักเรียนโดยตรง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่บุคคลจะมีสภาพจิตใจเข้มแข็ง มีภูมิคุ้มกันทางจิตใจ มีความพร้อมที่จะเผชิญกับปัญหาต่าง หรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นรู้จักคิด และแก้ไขปัญหาได้นั้น จะต้องเริ่มต้นตั้งแต่ในวัยเด็ก จากการเลี้ยงดูสภาพแวดล้อมที่ดีถ้าบุคคลสามารถสร้างภูมิคุ้มกันด้านจิตใจได้ก็จะทำให้มีสุขภาพจิตที่ดีได้

จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างเพื่อคัดกรองปัญหาสุขภาพจิต โดยใช้แบบสอบถามประเมินภาวะสุขภาพจิต DASS-21 ระดับภาวะสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา พบว่า ภาพรวมนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีภาวะสุขภาพจิตอยู่ในระดับปกติ หากแยกภาวะสุขภาพจิตรายด้านที่อยู่ในระดับรุนแรงมาก แต่ละระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบดังนี้ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนนักเรียนทั้งหมด 142 คน พบว่า ภาวะวิตกกังวล (ร้อยละ 20.4) เป็นอันดับแรก ภาวะซึมเศร้า (ร้อยละ 3.5) เป็นอันดับสอง ภาวะความเครียด (ร้อยละ 2.1) ตามลำดับ ในส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 จำนวนนักเรียนทั้งหมด 143 คน พบว่า ภาวะวิตกกังวล (ร้อยละ 20.2) เป็นอันดับแรก ภาวะซึมเศร้า (ร้อยละ 6.2) เป็นอันดับสอง ภาวะความเครียด (ร้อยละ 4.8) ตามลำดับ ในส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวนนักเรียนทั้งหมด 133 คน พบว่า ภาวะวิตกกังวล (ร้อยละ 16.7) ส่วนภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้า เท่ากัน (ร้อยละ 3.4) จากผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ผลการเรียนมีความสัมพันธ์กับปัญหาสุขภาพจิต จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญขนัด จันทรศิริพุฒ, และคณะ. (2557) การศึกษาสุขภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของวัยรุ่นในโรงเรียน จังหวัดยะลา พบว่า ผลการเรียนมีความสัมพันธ์กับภาวะปัญหาสุขภาพจิต (ร้อยละ 58.9) มีภาวะสุขภาพจิตระดับปกติ และสอดคล้องกับ ไพริน พรมแก้ว. (2543) สภาวะสุขภาพจิตนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย จังหวัดระยอง พบว่า นักเรียนผลการเรียนมีความสัมพันธ์กับสภาวะปัญหาสุขภาพจิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การจากศึกษากลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การที่นักเรียนจะประเมินตัดเหตุการณ์ว่าเป็นความเครียดหรือไม่ เป็นความเครียดชนิดใด รุนแรงมากน้อยแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสถานการณ์ และปัจจัยทางด้านส่วนบุคคล เมื่อมีเหตุการณ์ภายนอกมาซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความเครียดเข้ามากระทบนักเรียนแต่ละคนก็จะประเมินศักยภาพของตนเอง และทำให้มีการตอบสนองมาทางร่างกาย ความคิด อารมณ์ และพฤติกรรมแตกต่างกันออกไปในแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่ว่านักเรียนประเมินเหตุการณ์นั้นว่าเป็นอันตราย คุมคามหรือไม่ ผู้ศึกษาสามารถอธิบายได้ว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มองสิ่งเร้าหรือเหตุการณ์รอบตัวแล้วประเมินและตัดสินเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าว ตนสามารถจัดการกับปัญหานั้นได้และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

ผลการศึกษาพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา พบว่า อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$= 2.55) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนนค่าเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง อธิบายได้ว่า เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง รู้จักตนเองตรงกับความเป็นจริงทำให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข กลุ่มตัวอย่างกำลังเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นวัยที่เข้าสู่วัยรุ่นตอนปลายจึงเป็นช่วงวัยที่เริ่มสนใจอนาคตของตนเอง เนื่องจากต้องเตรียมตัวเป็นผู้ใหญ่ในวันข้างหน้า โดยเฉพาะวางแผนการศึกษาเรียนต่อรวมทั้งมีการค้นหาศักยภาพ และสมรรถภาพทั้งทางด้านที่ดี และด้านที่เกิดความบกพร่องของตนเอง เพื่อนำมาปรับปรุงในการตัดสินใจ และเลือกทำในสิ่งที่เหมาะสมกับตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญกานต์ สุขสวัสดิ์, และคณะ (2557) การศึกษาสุขภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของวัยรุ่นในโรงเรียน จังหวัดยะลา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 82.7) มีพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตโดยรวม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$= 2.95) เมื่อผู้วิจัยพิจารณารายด้าน พบว่า คะแนนค่าเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองมากที่สุดคือ ด้านการติดต่อด้านที่มีประสิทธิภาพ ($\bar{X}$)= 2.87, (S.D.)= .92 รองลงมาคือด้านการพัฒนาการรู้จักตนเอง ($\bar{X}$)= 2.80, (S.D.)= .95 และด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ ($\bar{X}$)= 2.50, (S.D.)= 1.01 มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญวดี เพชรรัตน์. (2546) เกี่ยวกับการดูแลต้นเองด้าน

สุขภาพจิตวัยรุ่นโรงเรียนมัธยมศึกษา จังหวัดสงขลา เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า พฤติกรรมทุกด้านมีค่าเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนด้านสุขภาพจิตมากที่สุดคือ ด้านการพัฒนาการรู้จักตนเอง ($\bar{X}$= 3.09, S.D.=.43) ในส่วนพฤติกรรมการดูแลตนด้านสุขภาพจิตที่มีค่าเฉลี่ยพฤติกรรมน้อยที่สุด คือ ด้านการดูแลตนเองทั่วไป ($\bar{X}$)= 2.31, (S.D.)= 1.03 เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างอาศัยที่พักเป็นโรงเรียนประจำพฤติกรรมการดูแลตนเองโดยทั่วไปจึงห่างไกลจากพ่อ แม่ หรือผู้ปกครองช่วยเหลือ กำกับดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด จึงทำให้นักเรียนต้องเรียนรู้ในการตัดสินใจหรือการคิดวิเคราะห์ในเรื่องต่างๆ รวมถึงการหากิจกรรมกรรมเวลาว่างหลังจากเลิกเรียนเพื่อผ่อนคลายตนเองไม่ให้เกิดภาวะความเครียด อันดับสองด้านการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนา ($\bar{X}$)= 2.38, (S.D.)= 1.05 เนื่องจากโรงเรียนสาธิตพะเยาเป็นโรงเรียนแบบประจำ มีการทำบุญตักบาตรในวันสำคัญของทางศาสนา แต่ไม่สามารถพานักเรียนไปทำกิจกรรมที่วัดได้เนื่องจากไม่สะดวกต่อการเดินทาง ส่วนใหญ่นักเรียนจะใช้เวลาไปกับการเรียน กิจกรรมที่อยู่กับเพื่อน ๆ มากกว่า หากเกิดสถานการณ์ตึงเครียดนักเรียนมักจะหาทางออกด้วยการขอรับคำปรึกษาจากอาจารย์ เพื่อน หรือผู้ที่นักเรียนไว้ใจทำให้อารมณ์หรือสภาพจิตใจที่ตึงเครียดเริ่มเบาบางลง รวมถึง รองลงมาด้านการเผชิญปัญหา เนื่องจากนักเรียนส่วนจะถูกกดดันจากครอบครัว เพื่อน คนในสังคมโดยเฉพาะในเรื่องของการเรียน และอื่น ๆ จึงทำให้ปัญหาจะส่งผลกระทบทั้งทางร่างกายและจิตใจ ทำให้บุคคลไม่เป็นสุข กังวลใจ เป็นทุกข์ อาจจะทำให้บางสถานการณ์นักเรียนตัดสินใจผิดพลาดซึ่งส่งผลในระยะยาวทำให้นักเรียนไม่มีความมั่นใจในการเผชิญปัญหาด้วยตนเอง ($\bar{X}$)= 2.39, (S.D.)= 1.11 ในด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ ($\bar{X}$)= 2.45, (S.D.)= 1.12 เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนประจำ การดูแลตนเองด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นจึงมีการบริหารจัดการชีวิตในประจำวันของตนเองได้ดี นักเรียนจึงได้เกิดการเรียนรู้ในการบริหารจัดการกับเวลา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญขนัด จันทรศิริพุฒ, และคณะ. (2557) การศึกษาสุขภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของวัยรุ่นในโรงเรียนจังหวัดยะลา พบว่า มีค่าเฉลี่ยสุขภาพจิตน้อยที่สุดในการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากการดูแลตนเองในการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพนั้น มีจุดสำคัญที่สามารถของบุคคลในการวางแผนการบริหารเวลาอย่างเป็นระบบจะทำให้สำเร็จและมีโอกาสประสบผลสำเร็จมากกว่า นอกจากการศึกษาเล่าเรียน และทำกิจกรรมในโรงเรียนแล้วยังรวมถึงการพักผ่อนหาเวลาว่างทำกิจกรรมกับเพื่อน และครอบครัวหรือบุคคลที่ตนเองชื่นชอบ รวมถึงการจัดสรรเวลาสำหรับตนเอง เมื่อวิเคราะห์รายด้านการใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

จากผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการดูดูตนเองอยู่ในระดับปานกลาง อาจารย์ โรงเรียนควรมีการจัดโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวกับการรับรู้และเข้าใจในตนเองด้านสุขภาพจิต และสอดแทรกกิจกรรมการสอนในการเสริมสร้างพลังอำนาจในการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในตัวแปรต้น อื่น ๆ ที่อาจมีปัจจัยพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายให้ครอบคลุมในอีกหลาย ๆ ด้าน เช่น สัมพันธภาพระหว่างเพื่อน ความสัมพันธ์ตนเองและครอบครัว และความคาดหวังจากคนรอบข้าง เป็นต้น

2. ควรมีการใช้เครื่องวิจัยให้หลากหลายมากขึ้น เช่น การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง การสังเกต และอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากงบประมาณรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 25668 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา

เอกสารอ้างอิง

จินตนา ยุนิพันธ์. (2534). **ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพจิตของประชาชนในภาคกลางของประเทศไทย.** [สำเนาซ้ำ].

พัชรินทร์ คัสเตศรี. (2567). **รายงานผลการคัดกรองสุขภาพจิตเบื้องต้น ปีการศึกษา 2564–2567.** งานแนะแนว โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยพะเยา.

วรพล ปุญญมัย. (2551). **สุขภาพจิตและการเลือกเพื่อนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมือง จังหวัดน่าน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาการศึกษา โปรแกรมการให้คำปรึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อลิษา วัชรสินธุ์, และคณะ. (2549). ปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพและแนวทางการส่งเสริม ป้องกัน และบำบัดสุขภาพจิตของคนไทย. **สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2568,**จาก http://www.nesac.go.th/document/images06 /obec.go.th/dataonweb/report/06110006a.doc

บุญวดี เพชรรัตน์. (2546). การดูแลสุขภาพจิตด้วยตนเองของวัยรุ่นในโรงเรียนมัธยมศึกษา จังหวัดสงขลา. **วารสารสุขภาพจิตแห่งประเทศไทย,** 11(1), 21–30.

บุญขนัด จันทรศิริพุฒ, และคณะ. (2557). การศึกษาสุขภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองของวัยรุ่นในโรงเรียนจังหวัดยะลา. **วารสารพยาบาลและการศึกษา,** 7(1), มกราคม–มีนาคม 2557.

Hill, L., & Smith, N. **Self–Carenursing: Promotion of health (2nded.).** Norwalk: Appleton & Lange, (1990).

Veit CT, Ware JE, Jr. **The structure of psychological distress and well–being in general populations.** Journal of Consulting and Clinical Psychology. 1983;51(5): 730–42.

Orem, D.E. et. Al. **Nursing: concept of Practices (6 th ed.).** St Louis: Mosby Year book, (2001).

World Health Organization. (2000–2024). **World mental health report 2024: Advancing mental well–being worldwide.** World Health Organization.

World Health Organization. (2024). **World mental health report 2024: Advancing mental well–being worldwide.** World Health Organization.

Institute for Health Metrics and Evaluation. (2024). **2021 Global Burden of Disease (GBD) [online database].**https://vizhub.healthdata.org/gbd–results/ (Accessed August 13, 2025)

การบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่มีประสิทธิผล

Effectiveness management of guidance classes

เกศิรินทร์ รัตนรักษ์มงคล[1*] และ ชาญวิทย์ คำเจริญ[2]

Kesirin Rattanarakmongkhon[1*] and Chanwit Kamcharean[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่มีประสิทธิผลต่อคุณภาพนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และ (2) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนวโดยใช้รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนที่พัฒนาขึ้น ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนาดำเนินการเป็น 3 ระยะ ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการพัฒนาการจัดกิจกรรมแนะแนว โดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ซึ่งจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนแห่งหนึ่งในอำเภอเมืองพะเยา และมีประสบการณ์การซิ่ล จำนวน 38 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว โดยบูรณาการกิจกรรมแนะแนว 4 กลุ่ม และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 508 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เก็บข้อมูลด้วยแบบประเมินคุณลักษณะก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน ระยะที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบหลัก 4 ประการ ได้แก่ หลักการของรูปแบบ จุดมุ่งหมาย โครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยมุ่งพัฒนาคุณลักษณะผู้เรียน 6 ด้าน ผลการประเมินคุณลักษณะของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกกลุ่มกิจกรรม มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 อยู่ในระดับปานกลาง และมีแนวโน้มสัมพันธ์กับการลดลงของอัตราการซิ่ลของนักเรียนอย่างต่อเนื่องในช่วงปีการศึกษา 2565–2567 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนวโดยใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.82) โดยด้านกระบวนการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านการวัดและประเมินผล ด้านความสมบูรณ์ของการจัดการเรียนรู้ตามคุณลักษณะ และด้านการสนับสนุนช่วยเหลือในการเรียนการสอนตามลำดับ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในเชิงโครงสร้าง กระบวนการ และผลลัพธ์ สามารถส่งเสริมการรู้จักตนเอง การวางแผนชีวิต และการตัดสินใจด้านการเรียนต่อของนักเรียนได้อย่างเป็นระบบ และเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาการซิ่ลในระดับอุดมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิผล

คำสำคัญ: การแนะแนว, การบริหารจัดการชั้นเรียน, การวางแผนการเรียนต่อ, การพัฒนาคุณลักษณะผู้เรียน, การซิ่ลของนักศึกษา

---

[1] กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน โรงเรียนพะเยาพิทยาคม จังหวัดพะเยา 56000

[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Department of Activities for Learners Development, Phayaophitthayakhom School, Phayao 56000

[2] Department of Physics and General Science Faculty of Science and Technology Chiangmai Rajabhat University Chiangmai 50300

*Corresponding author: kruannppk@gmail.com

Abstract

This study aimed to (1) develop an effective classroom management model for guidance activities to enhance the quality of high school students, and (2) examine students' satisfaction with guidance activities implemented through the developed classroom management model. The study employed a research and development (R&D) design conducted in three phases. Phase 1 focused on investigating problems and needs in guidance activities through semi-structured interviews with 38 first-year university students who had graduated from a high school in Mueang Phayao District and had experienced academic dropout or major switching. The participants were selected using purposive sampling, and the data were analyzed using content analysis. Phase 2 involved the development of a classroom management model for guidance activities integrating four groups of guidance activities. The model was implemented with 508 Grade 12 students in the 2023 academic year, selected through purposive sampling. Data were collected using pretest and posttest assessments of student characteristics and analyzed using normalized gain scores. Phase 3 examined students' satisfaction with the developed model using a five-point Likert-scale questionnaire. The data were analyzed using means and standard deviations. The results indicated that the developed classroom management model consisted of four core components: principles of the model, objectives, learning activity structure, and assessment and evaluation. The model aimed to develop six key student characteristics. Posttest results revealed higher scores than pretest scores across all activity groups, with an average normalized gain of 0.60, indicating a moderate level of effectiveness. In addition, the findings showed a downward trend in students' dropout rates during the 2022–2024 academic years. Students' overall satisfaction with the guidance activities implemented through the developed model was at the highest level (overall mean = 4.82). The highest satisfaction was found in the learning process dimension, followed by assessment and evaluation, completeness of learning management based on student characteristics, and instructional support, respectively.

In conclusion, the developed classroom management model for guidance activities is structurally sound, process-oriented, and outcome-driven. It effectively promotes students' self-awareness, life planning, and educational decision-making, and represents a practical approach to reducing dropout rates in higher education.

Keywords: Guidance, Classroom management, Educational planning, Learner attributes development, Student shifting

บทนำ

การแนะแนวการศึกษาเป็นกระบวนการช่วยเหลือบุคคลให้รู้จัก ยอมรับ และเข้าใจตนเอง รวมทั้งเข้าใจผู้อื่นและสิ่งแวดล้อมรอบตัว เพื่อส่งเสริมให้สามารถค้นพบและพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเหมาะสมตามความแตกต่างระหว่างบุคคล การแนะแนวมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีวุฒิภาวะทางอารมณ์ ศีลธรรม และจริยธรรม มีทักษะการดำเนินชีวิตที่ดี สามารถคิด วิเคราะห์ ตัดสินใจ และแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ตลอดจนมีความสามารถในการวางแผนชีวิต การศึกษาต่อ และการประกอบอาชีพให้สอดคล้องกับความสามารถ ความสนใจ และคุณค่าของตนเอง เป้าหมายสูงสุดของการแนะแนวจึงอยู่ที่การพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นพลเมืองและพลโลกที่ดี มีความสามารถในการปรับตัวอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุขและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและส่วนรวม การดำเนินงานแนะแนวจึงต้อง

อาศัยกระบวนการทำงานที่เป็นระบบ มีความต่อเนื่อง และเชื่อมโยงสัมพันธ์กับงานอื่น ๆ ภายในและภายนอกโรงเรียน โดยมุ่งเน้นการป้องกัน การส่งเสริม การแก้ไข และการช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถพัฒนาตนเองได้อย่างรอบด้าน (สุธิดา พลชำนิ และคณะ, 2567)

ในบริบทของสังคมปัจจุบันที่เต็มไปด้วยความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งด้านเศรษฐกิจ การเมือง สังคม การศึกษา และเทคโนโลยี ความเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงชีวิต กระบวนการคิด และพฤติกรรมของนักเรียน ครูแนะแนวจึงจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการและกระบวนการแนะแนวอย่างลึกซึ้ง มีทักษะในการประสานความร่วมมือกับบุคคลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อร่วมกันส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้าน กล่าวได้ว่า การแนะแนวเป็นทั้ง “ศาสตร์” และ “ศิลป์” ที่ครูแนะแนวต้องใช้ความรู้ความเข้าใจ และความสามารถในการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนแต่ละคน เพื่อให้การแนะแนวเกิดประสิทธิผลสูงสุดในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของนักเรียนและสร้างพื้นฐานที่มั่นคงสำหรับการเติบโตในอนาคต (กาญจนา น้อยวิมล, 2560)

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้การดำเนินงานแนะแนวสามารถเชื่อมโยงและบูรณาการกับงานอื่น ๆ ในโรงเรียนได้อย่างสอดคล้องและกลมกลืน จนเกิดผลสัมฤทธิ์อย่างเป็นรูปธรรม คือการกำหนดขอบข่ายงานแนะแนว ให้มีความชัดเจนและสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับสาระสำคัญและกระบวนการทำงานภายใต้ขอบข่ายนั้น การมีขอบข่ายงานที่ชัดเจนจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการบริหารจัดการงานแนะแนว ช่วยให้ครูแนะแนวมีทิศทางการดำเนินงานที่แน่นอน สามารถวางแผน ประสาน และบูรณาการการทำงานร่วมกับงานอื่น ๆ และบุคลากรภายในโรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ปณิตา บัวเจริญ, 2564) การกำหนดขอบข่ายของงานแนะแนวในปัจจุบัน จำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญหลายประการ ได้แก่ หลักการของการแนะแนว แนวคิดการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตลอดจนการดำเนินงานที่สอดคล้องกับนโยบายเชิงยุทธศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการและสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ในช่วงปีงบประมาณ 2567–2569 ซึ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้ “เรียนดี มีคุณธรรม/เรียนดี มีความสุข” และการยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการจัดการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ, แผนปฏิบัติการ 2567–2569). เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทั้งหมดอย่างรอบด้าน ขอบข่ายงานแนะแนวในปัจจุบันควรมีลักษณะบูรณาการ และครอบคลุมงานหลัก 3 ด้าน ได้แก่ 1) การจัดบริการแนะแนวตามหลักการและศาสตร์ของการแนะแนว เพื่อให้การช่วยเหลือ ส่งเสริม และพัฒนาผู้เรียนเป็นไปอย่างรอบด้าน ทั้งด้านการเรียน ปัญหาสุขภาพจิต ทักษะชีวิต และการปรับตัวทางสังคม 2) การจัดกิจกรรมแนะแนวตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551 เพื่อเสริมสร้างทักษะชีวิต การรู้จักตนเอง การวางแผนการเรียน และการวางแผนอาชีพ โดยการออกแบบกิจกรรมควรสะท้อนเป้าหมายเชิงคุณภาพตามนโยบาย “คนดี มีคุณภาพ” ของภาครัฐและสอดคล้องกับปัจจัยบริบทของโรงเรียนและชุมชน และ 3) การประสานงานกับระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน ในระดับเขตพื้นที่และสถานศึกษาเพื่อให้การแนะแนวเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการดูแลและพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่องทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และสติปัญญา รวมถึงการนำระบบข้อมูลและเครื่องมือ เช่น HERO OBEC CARE มาใช้ในการคัดกรอง ติดตาม และส่งต่อการช่วยเหลือตามความเสี่ยงของนักเรียนแต่ละคน การกำหนดขอบข่ายงานแนะแนวที่ชัดเจนและสอดคล้องกับนโยบายเชิงยุทธศาสตร์ของ สพฐ. (ปีงบประมาณ 2567–2569) และคู่มือระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน จะช่วยยกระดับคุณภาพการบริหารจัดการงานแนะแนวของโรงเรียนให้มีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ครูแนะแนวสามารถดำเนินงานได้อย่างมีเป้าหมายและเป็นระบบ ทั้งในด้านการออกแบบบริการแนะแนวที่วัดผลได้ การทำงานแบบเครือข่ายกับหน่วยงานสาธารณสุข ชุมชน และผู้ปกครอง และการใช้ข้อมูลเชิงระบบเพื่อการวางแผนเชิงป้องกันและเชิงแก้ไข ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุตามศักยภาพสูงสุด

ผู้วิจัยในฐานะครูแนะแนวมีความตระหนักและเห็นความสำคัญในการพัฒนาเยาวชน โดยเฉพาะการให้ความสำคัญของการเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีคุณภาพ จึงได้ศึกษาข้อมูลด้านการเรียนต่อของนักเรียนที่จบหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนในอำเภอเมืองพะเยาแห่งหนึ่ง พบว่าร้อยละของนักเรียนที่เรียนต่อเมื่อจบหลักสูตรในปีการศึกษา 2565 จำนวนร้อยละ 85.99 ปีการศึกษา 2566 จำนวนร้อยละ 92.19 และปีการศึกษา 2567 จำนวนร้อยละ 92.59 ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่เมื่อติดตามนักเรียนอย่างต่อเนื่อง พบว่ามีนักเรียนที่เข้าไปเรียนในระดับอุดมศึกษาแล้วเปลี่ยนไปสอบเข้าคณะหรือมหาวิทยาลัยใหม่ เรียกว่า “การซิ่ล” มีที่มาจาก fossil ซึ่งหมายถึง ซากดึกดำบรรพ์ โดยตัดส่วนมาเฉพาะ sil มารวมกับ เด็ก เป็น "เด็กซิ่ล" หมายถึงเด็กที่เคยสอบเข้ามหาวิทยาลัยได้แล้วต่อมาเปลี่ยนไปสอบเข้าคณะหรือมหาวิทยาลัยใหม่ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558) ในปีถัดมา ได้ข้อมูลดังนี้ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 38 คน (ร้อยละ 7.38) ปีการศึกษา 2565 จำนวน 26 คน (ร้อยละ 5.29) และปีการศึกษา 2566 จำนวน 21 คน (ร้อยละ 4.13) ซึ่งมีแนวโน้มปรากฏขึ้นทุกปี การซิ่ลเป็นปรากฏการณ์ที่สะท้อนถึงความไม่มั่นคงในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการศึกษาและอาชีพของนักเรียน ส่งผลกระทบในหลายด้านทั้งต่อนักเรียน ครอบครัว และระบบการศึกษาโดยรวม ในด้านของนักเรียน การซิ่ลทำให้เสียเวลาในการศึกษาต่อเนื่อง ต้องเริ่มต้นเรียนใหม่ในหลักสูตรหรือสาขาอื่น ส่งผลให้การจบการศึกษาล่าช้าและเกิดความรู้สึกถอยหลังในเส้นทางการเรียนรู้ นักเรียนบางคนอาจเกิดความเครียด ความกังวล หรือรู้สึกผิดหวังในตนเองที่ไม่สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมการเรียนเดิมได้ นอกจากนี้ ยังอาจรู้สึกโดดเดี่ยวเมื่อเข้าสู่สถาบันใหม่ ต้องสร้างความสัมพันธ์ทางสังคมและปรับตัวซ้ำอีกครั้ง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพจิตและแรงจูงใจในด้านการเรียน ด้านเศรษฐกิจ การซิ่ลก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายซ้ำซ้อน ทั้งค่าเล่าเรียน ค่าที่พัก และค่าใช้จ่ายส่วนตัวอื่น ๆ เป็นภาระต่อครอบครัว และทำให้โอกาสในการเข้าสู่ตลาดแรงงานล่าช้า ในขณะเดียวกันการซิ่ลจำนวนมากยังสะท้อนถึงข้อบกพร่องของระบบแนะแนวในระดับมัธยมศึกษาที่ไม่สามารถช่วยให้นักเรียนรู้จักตนเองและวางแผนชีวิตได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการซิ่ลของนักศึกษาเป็นปัญหาที่มีผลกระทบทั้งเชิงส่วนบุคคลและเชิงระบบ การป้องกันและลดปัญหานี้ควรเริ่มต้นจากการแนะแนวที่มีคุณภาพ ช่วยให้นักเรียนตระหนักรู้ในตนเอง เห็นคุณค่า และสามารถวางแผนการเรียนได้อย่างเหมาะสมกับศักยภาพและความสนใจของตนเอง (พิชิต จินดาศรี, 2559)

จากความเป็นมาและปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชากิจกรรมแนะแนว เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการวางแผนและตัดสินใจด้านการเรียนต่ออย่างมีคุณภาพ โดยสร้างแนวคิดการบริหารจัดการชั้นเรียนที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแนะแนวที่ครอบคลุมกับเนื้อหาและขอบข่ายตามหลักการแนะแนวพื้นฐาน 3 ด้าน คือด้านการศึกษา ด้านอาชีพ และด้านส่วนตัวและสังคม มุ่งให้นักเรียนพัฒนาคุณภาพชีวิต สามารถคาดการณ์อนาคตและวางเป้าหมายด้านการเรียนต่อได้เมื่อนักเรียนจบหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนเหล่านี้บางส่วนอาจไปเรียนต่อหรืออาจไปประกอบอาชีพในด้านต่าง ๆตามความถนัดหรือตามแต่โอกาส สำหรับนักเรียนที่เลือกเรียนต่อก็ต้องได้รับข้อมูลที่ถูกต้องจนเกิดความตระหนักรู้ ความเข้าใจเรื่องแนวทางการเรียนต่อของตนเองจนมีทักษะการตัดสินใจที่ถูกต้องและเหมาะสม สอดคล้องกับความสนใจ ความรู้ ความสามารถและความถนัดของตนเอง มีความตระหนักถึงเป้าหมายของชีวิต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่มีประสิทธิผลที่ส่งผลต่อคุณภาพนักเรียน

2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนว โดยใช้การบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่มีประสิทธิผล

กรอบแนวคิด

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาในพื้นที่ ตลอดจนได้ทบทวนวรรณกรรมและแนวคิดที่เกี่ยวข้องดังแสดงภาพกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการพัฒนาการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว

ผู้วิจัยทำการสำรวจข้อมูลของนักเรียน ที่จบหลักสูตรในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เข้าไปเรียนในระดับอุดมศึกษาแล้วเปลี่ยนไปสอบเข้าคณะหรือมหาวิทยาลัยใหม่ หรือที่เรียกว่า “เด็กซิ่ล” โดยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างที่สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับผลของการจัดกิจกรรมแนะแนวศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา โดยทำการเก็บข้อมูลกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เข้าเรียนระดับอุดมศึกษาชั้นปีที่ 1 ในปีการศึกษา 2564 จำนวน 38 คน โดยเป็นนักเรียนที่จบการศึกษาจากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายแห่งหนึ่งในอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยาซึ่งได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ใช้การวิเคราะห์เนื้อหาในการสรุปผล พบว่านักเรียนจำนวนหนึ่งที่ได้เข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาเกิดปัญหาการซิ่ล ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่สำคัญด้านการแนะแนวในสถานศึกษา เมื่อวิเคราะห์เชิงลึกถึงสาเหตุของปัญหาดังกล่าว พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความตระหนักรู้ในสามประเด็นหลัก คือ ความตระหนักรู้ในตนเอง ความตระหนักรู้ในการวางแผนด้านการเรียนต่อ และความตระหนักรู้ในการวางแผนด้านอาชีพ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับมาตรฐานการแนะแนว กรอบและแนวคิดใน

การจัดกิจกรรมแนะแนวในสถานศึกษา เทคนิควิธีการบริหารจัดการชั้นเรียน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชาแนะแนวให้มีประสิทธิผล

2) ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวในสถานศึกษา

ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว โดยศึกษาและกำหนดคุณลักษณะผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในแต่ละคุณลักษณะ ซึ่งคุณลักษณะสำคัญมี 6 ด้าน ดังนี้

(1) นักเรียนมีความรู้รอบด้านที่ครอบคลุมต่อความต้องการของตนเอง

(2) นักเรียนมีเหตุ มีผล แก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

(3) นักเรียนมีความเข้าใจ ที่เกิดจากกระบวนการคิด–วิเคราะห์

(4) นักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ที่เป็นประโยชน์รอบด้าน

(5) นักเรียนกำหนดเป้าหมายในตัวเอง

(6) นักเรียนปฏิบัติตนให้มีความเป็นปัจจุบัน มุ่งทำที่นี่ และเดี๋ยวนี้

ซึ่งคุณลักษณะทั้ง 6 ด้านนี้ ได้นำมาสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแนะแนว ครอบคลุมขอบข่ายของกิจกรรมแนะแนว 3 ด้าน คือ 1) ด้านการศึกษา 2) ด้านอาชีพ และ 3) ด้านส่วนตัวและสังคม โดยมีการบูรณาการกิจกรรมเป็น 4 กลุ่มเพื่อพัฒนาเป็นรูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว 4 ด้านบูรณาการกับคุณลักษณะสำคัญ

กลุ่มที่	เนื้อหา	แผนการสอนที่	จำนวนชั่วโมง
1	กลุ่มกิจกรรมการรู้จัก เข้าใจและเห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น	1 – 4	4 ชั่วโมง
2	กลุ่มกิจกรรมการแสวงหาและใช้ข้อมูลสารสนเทศ	5 – 10	6 ชั่วโมง
3	กลุ่มกิจกรรมการตัดสินใจและการแก้ปัญหา	11 – 14	4 ชั่วโมง
4	กลุ่มกิจกรรมการปรับตัวและการดำรงชีวิต	15 – 20	6 ชั่วโมง

โดยกิจกรรมแนะแนวทั้งหมดนี้ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 508 คน โดยเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายแห่งหนึ่งในอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ซึ่งได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ใช้การประเมินคุณลักษณะของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และใช้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalize gain: <g>) ตามสมการที่ (1) ในการวิเคราะห์ผล

$$Normalize\ gain: < g >= \frac{(\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน})}{(\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน})} \quad (1)$$

การศึกษาซึ่งสามารถแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามความก้าวหน้าทางการเรียน 3 ระดับ (Hake, 1998) คือ

ระดับสูง (High gain) ค่า Normalized gain อยู่ในช่วง $<g> \geq 0.7$

ระดับปานกลาง (Medium gain) ค่า Normalized gain อยู่ในช่วง $0.3 \leq <g> < 0.7$

ระดับต่ำ (Low gain) ค่า Normalized gain อยู่ในช่วง $<g> < 0.3$

3) ระยะที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนว

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน เกี่ยวกับความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และความมีประโยชน์ของรูปแบบกิจกรรมแนะแนว โดยเก็บข้อมูลจากนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 508 คน โดยเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายแห่งหนึ่งในอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ซึ่งได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อยและน้อยที่สุด โดยแบบสอบถามกำหนดกรอบในการศึกษาทั้งหมด 4 ด้านคือ 1) ด้านความสมบูรณ์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคุณลักษณะ จำนวน 3 ข้อ (ข้อ 1–3) 2) ด้านกระบวนการเรียนรู้ จำนวน 11 ข้อ (ข้อ 4–14) 3) ด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ข้อ (ข้อ 15–17) และ 4) ด้านการสนับสนุนช่วยเหลือในการเรียนการสอน จำนวน 3 ข้อ (ข้อ 18–20) รวม 20 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดค่าเฉลี่ยไว้ 5 ระดับซึ่งมีการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.00 – 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ผลการศึกษา

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอนดังนี้

1) รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว

จากสภาพปัญหาและความต้องการพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวในสถานศึกษาที่มีลักษณะเป็นระบบ มีความสอดคล้องเชิงโครงสร้าง และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ประการ ได้แก่

(1.1) หลักการของรูปแบบ รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว พัฒนาจากฐานแนวคิดการพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของกระบวนการเรียนรู้ เน้นการจัดสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนที่เอื้อต่อการมีส่วนร่วม การเรียนรู้จากประสบการณ์จริง และการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ยังคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ความต้องการ และบริบทชีวิตของนักเรียน เพื่อให้การจัดกิจกรรมแนะแนวสามารถตอบสนองต่อพัฒนาการและศักยภาพของนักเรียนแต่ละรายได้อย่างเหมาะสม

(1.2) จุดมุ่งหมายของรูปแบบ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะสำคัญ 6 ด้าน ได้แก่ 1) มีความรู้รอบด้านที่สอดคล้องกับความต้องการและศักยภาพของตนเอง 2) มีความสามารถในการใช้เหตุผลและตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3) มีความเข้าใจที่เกิดจากกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ 4) มีความกระตือรือร้นและมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องในการทำกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ 5) สามารถกำหนดเป้าหมายด้านการเรียน ด้านทักษะชีวิต และด้านอาชีพของตนเองได้อย่างชัดเจน 6) มีการดำรงชีวิตอย่างรู้เท่าทันตนเองและสามารถปฏิบัติตนในปัจจุบันอย่างมีสติ

(1.3) โครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครอบคลุมขอบข่ายของกิจกรรมแนะแนว 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการศึกษา ด้านอาชีพ ด้านส่วนตัวและสังคม โดยมีการบูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 4 กลุ่ม

กิจกรรมหลัก ได้แก่ 1) กลุ่มกิจกรรมการรู้จัก เข้าใจ และเห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น 2) กลุ่มกิจกรรมการแสวงหาและใช้ข้อมูลสารสนเทศ 3) กลุ่มกิจกรรมการตัดสินใจและการแก้ปัญหา 4) กลุ่มกิจกรรมการปรับตัวและการดำรงชีวิต การจัดกิจกรรมในแต่ละกลุ่มมีการออกแบบให้เชื่อมโยงกับคุณลักษณะนักเรียนทั้ง 6 ด้านอย่างเป็นระบบ โดยกิจกรรมถูกจัดลำดับจากการสร้างการตระหนักรู้ในตนเอง ไปสู่การใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ และการนำไปสู่การปฏิบัติจริงในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ การบริหารจัดการชั้นเรียนมีลักษณะยืดหยุ่น เอื้อต่อการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครูแนะแนว

(1.4) การวัดและประเมินผล เป็นการประเมินตามสภาพจริง โดยเน้นการประเมินเพื่อพัฒนาควบคู่กับการประเมินผลการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วยแบบสังเกตพฤติกรรม แบบประเมินการมีส่วนร่วมในกิจกรรม แบบบันทึกการสะท้อนตนเอง และแฟ้มสะสมงาน ซึ่งสะท้อนพัฒนาการของนักเรียนตามคุณลักษณะทั้ง 6 ด้านอย่างต่อเนื่อง ผลการประเมินถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการจัดกิจกรรมแนะแนวและการบริหารจัดการชั้นเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่พัฒนาขึ้นมีโครงสร้างชัดเจน สอดคล้องกับหลักการทางการแนะแนวและการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และสามารถใช้เป็นกรอบแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิชากิจกรรมแนะแนวในสถานศึกษาได้

2) ผลการประเมินคุณลักษณะของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการประเมินคุณลักษณะของนักเรียนตามรูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว 4 ด้าน บูรณาการกับคุณลักษณะสำคัญทั้ง 6 ด้าน แสดงคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน และการแปลผลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณลักษณะของนักเรียนตามรูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว

กิจกรรม	คะแนนเฉลี่ย		<g>	การแปลผล
	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
1) กิจกรรมการรู้จัก เข้าใจและเห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น	56.62	80.65	0.55	ปานกลาง
2) กิจกรรมการแสวงหาและใช้ข้อมูลสารสนเทศ	63.14	86.96	0.64	ปานกลาง
3) กิจกรรมการตัดสินใจและการแก้ปัญหา	41.75	80.45	0.66	ปานกลาง
4) กิจกรรมการปรับตัวและการดำรงชีวิต	49.89	76.58	0.53	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ยรวมทุกกิจกรรม	**52.85**	**81.16**	**0.60**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณลักษณะของนักเรียนตามรูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว พบว่า ภาพรวมของผลการประเมินหลังการจัดกิจกรรมมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างชัดเจน โดยคะแนนเฉลี่ยรวมก่อนเรียนเท่ากับ 52.85 และหลังเรียนเท่ากับ 81.16 มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียน <g> เท่ากับ 0.60 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมคุณลักษณะของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิผลในภาพรวม เมื่อพิจารณาผลการประเมินจำแนกรายกิจกรรมทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านคุณลักษณะเพิ่มขึ้นทุกกลุ่มกิจกรรม โดยกิจกรรมการรู้จัก เข้าใจและเห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 56.62 และหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 80.65 มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียน <g> เท่ากับ 0.55 อยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมในกลุ่มนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการตระหนักรู้ในตนเอง เข้าใจผู้อื่น และเห็นคุณค่าในความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ดีขึ้น

กิจกรรมการแสวงหาและใช้ข้อมูลสารสนเทศ พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 63.14 และหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 86.96 ซึ่งเป็นคะแนนหลังเรียนสูงสุดในทุกกลุ่มกิจกรรม มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียน <g> เท่ากับ 0.64 อยู่ในระดับปานกลาง สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมในกลุ่มนี้สามารถพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการค้นหา วิเคราะห์ และใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ กิจกรรมการตัดสินใจและการแก้ปัญหา พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 41.75 ซึ่งเป็นคะแนนต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมกลุ่มอื่น อย่างไรก็ตาม หลังการจัดกิจกรรมคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 80.45 และมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียน <g> เท่ากับ 0.66 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในทุกกลุ่มกิจกรรม แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวมีประสิทธิผลสูงในการพัฒนาทักษะการคิด การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาของนักเรียนอย่างชัดเจน กิจกรรมการปรับตัวและการดำรงชีวิต พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 49.89 และหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 76.58 มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียน <g> เท่ากับ 0.53 อยู่ในระดับปานกลาง สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมในกลุ่มนี้ช่วยเสริมสร้างทักษะการปรับตัว การใช้ชีวิต และการเผชิญสถานการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้ในระดับที่น่าพอใจ

ผลการประเมินคุณลักษณะของนักเรียนทั้งในภาพรวมและรายกิจกรรมชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมพัฒนาการด้านคุณลักษณะของนักเรียนได้ทุกด้านตามที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะกิจกรรมด้านการตัดสินใจและการแก้ปัญหา และการแสวงหาและใช้ข้อมูลสารสนเทศ ซึ่งมีแนวโน้มส่งผลต่อการพัฒนาผู้เรียนอย่างเด่นชัด ผลการประเมินที่ได้มีความสอดคล้องกับอัตราการซิ่ลของนักศึกษาที่ลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปีการศึกษา 2565–2567 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนนักเรียนที่ซิ่ลจากการติดตามผลในปีการศึกษา 2565 – 2567

ปีการศึกษา	จำนวนนักเรียนทั้งหมด (คน)	จำนวนนักเรียนที่ซิ่ล (คน)	ร้อยละที่ซิ่ล
2565	491	38	7.38
2566	508	26	5.29
2567	525	21	4.13

จากตารางที่ 3 แสดงจำนวนนักเรียนที่ซิ่ลจากการติดตามผลในปีการศึกษา 2565–2567 พบว่า ในปีการศึกษา 2565 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 491 คน โดยมีนักเรียนที่ซิ่ลจำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 7.38 ต่อมาในปีการศึกษา 2566 จำนวนนักเรียนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 508 คน แต่จำนวนนักเรียนที่ซิ่ลลดลงเหลือ 26 คน คิดเป็นร้อยละ 5.29 และในปีการศึกษา 2567 จำนวนนักเรียนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 525 คน ขณะที่จำนวนนักเรียนที่ซิ่ลลดลงเหลือ 21 คน คิดเป็นร้อยละ 4.13 ตามลำดับ ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้จำนวนนักเรียนทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่จำนวนนักเรียนที่ซิ่ลและร้อยละของการซิ่ลมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงสามปีการศึกษา ซึ่งอาจแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของการติดตาม ดูแล และให้คำปรึกษานักเรียนอย่างเป็นระบบ ตลอดจนการดำเนินงานแนะแนวและการบริหารจัดการชั้นเรียนที่เอื้อต่อการคงอยู่ของนักเรียนในระบบการศึกษา

3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนว

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนวโดยใช้นวัตกรรมแนวคิดการบริหารจัดการชั้นเรียนตามกรอบการประเมินทั้ง 4 ด้านได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนว

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
(1) ด้านความสมบูรณ์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคุณลักษณะ			
1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้น่าสนใจ	4.84	0.13	มากที่สุด
2) คุณลักษณะเข้าใจง่ายและเรียนรู้ได้	4.70	0.32	มากที่สุด
3) คุณลักษณะมีความเป็นสากล	4.86	0.12	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	**4.80**	**0.19**	**มากที่สุด**
(2) ด้านกระบวนการเรียนรู้			
4) กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปตามลำดับมีขั้นตอนจากง่ายไปหายาก			
5) กิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนดให้	4.89	0.15	มากที่สุด
6) กิจกรรมที่กำหนด ไม่ยากเกินไป	4.81	0.16	มากที่สุด
7) นักเรียนทุกคนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	4.97	0.03	มากที่สุด
8) นักเรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบหรือทำกิจกรรมสำเร็จด้วยตนเอง	4.97	0.03	มากที่สุด
9) ได้คิดแก้ปัญหา หรือหาแนวทางไปสู่ความสำเร็จในการทำงานด้วยตนเอง	4.91	0.08	มากที่สุด
10) ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น	4.83	0.19	มากที่สุด
11) ได้รับประสบการณ์ตรง สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันกับการวางแผนและตัดสินใจ ด้านการเรียนต่อของตนเองได้	4.97	0.03	มากที่สุด
12) ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกตามความรู้ความสามารถและความสนใจ	4.91	0.07	มากที่สุด
13) ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และประยุกต์ใช้ได้ในรายวิชาอื่น ๆด้วย	4.76	0.24	มากที่สุด
14) ส่งเสริมให้นักเรียนนิสัยรักการทำงาน	4.95	0.05	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	**4.88**	**0.13**	**มากที่สุด**
(3) ด้านการวัดและประเมินผล			
15) การประเมินผลระหว่างเรียนในชุดกิจกรรมแนะแนวมีความเหมาะสมกับเวลา	4.78	0.28	มากที่สุด
16) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มีความเหมาะสมกับเวลา	4.73	0.36	มากที่สุด
17) นักเรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล	4.95	0.05	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.82	0.23	**มากที่สุด**
(4) การสนับสนุนช่วยเหลือในการเรียนการสอน			
18) เมื่อไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน นักเรียนจะศึกษาเอกสารประกอบการเรียนหรือครูผู้สอนได้ทันที	4.76	0.19	มากที่สุด
19) การเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน	4.64	0.35	มากที่สุด
20) เมื่อทำกิจกรรมหรือประเมินไม่ผ่านในแต่ละเรื่องเพื่อนและครูให้กำลังใจในการพยายามต่อไป	4.89	0.09	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.76	0.21	**มากที่สุด**
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.82**	**0.23**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนว มีค่าเฉลี่ยโดยรวม ในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.82) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ก็พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านกระบวนการเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ย = 4.88) อยู่ในระดับ มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผล (ค่าเฉลี่ย =

4.82) อยู่ในระดับ มากที่สุด ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ ด้านการสนับสนุน ช่วยเหลือการเรียนการสอน (ค่าเฉลี่ย = 4.76) อยู่ในระดับ มากที่สุด

สรุปผลและอภิปรายผล

สภาพปัญหาที่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายขาดความตระหนักรู้ในตนเอง การวางแผนการเรียน และการวางแผนอาชีพ จนนำไปสู่การซิ่ลหลังเข้าศึกษาต่อ เป็นผลจากระบบการแนะแนวที่ยังไม่สามารถพัฒนานักเรียนให้รู้จักคิด และวางแผนชีวิตได้อย่างรอบด้าน ปัญหาข้างต้นสะท้อนถึงข้อจำกัดในการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวทั้งในด้านการออกแบบหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผล ผู้สอนอาจยังไม่สามารถจัดกิจกรรมที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เพียงพอ เช่น การใช้แผนการเรียนรู้รายบุคคลหรือการแนะแนวแบบรายกลุ่มย่อย เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนและเรียนรู้ร่วมกันอย่างลึกซึ้ง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว ที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบเชิงบูรณาการให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ประการ ได้แก่ (1) การออกแบบกิจกรรมแนะแนวที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (2) การจัดกลุ่มกิจกรรมตามพัฒนาการด้านตนเอง การเรียน และอาชีพ (3) การใช้กระบวนการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ การสะท้อนคิด และการมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น และ (4) การติดตามและประเมินผลรายบุคคลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านการรู้จักตนเอง การวางแผนชีวิต และการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของสนธยา สวัสดิ์ ซึ่งระบุว่า การจัดกิจกรรมแนะแนวให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และตอบสนองความต้องการของผู้เรียนอย่างแท้จริง ตลอดจนความพร้อมทางด้านบุคลากรในวิชาแนะแนว สามารถพัฒนาการจัดกิจกรรมแนะแนวในระดับมัธยมศึกษาให้มีคุณภาพได้ (สนธยา สวัสดิ์, 2560) ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้บนฐาน ทฤษฎีพัฒนาการอาชีพของ Super ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์ตนเอง ซึ่งช่วยเสริมสร้างการรับรู้ศักยภาพตนเอง อย่างมีนัยสำคัญ แสดงระดับความมั่นใจในการประเมินจุดแข็ง จุดอ่อน ความสนใจ และคุณค่าชีวิตสูงขึ้นร้อยละ 35–40 ส่งผลให้การตัดสินใจเลือกอาชีพมั่นคง ลดความลังเลจากแรงกดดันภายนอก และเพิ่มความสอดคล้องระหว่างเส้นทางอาชีพกับตัวตนที่แท้จริง (อัจฉรา อินโต, 2560) รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนว ที่พัฒนาขึ้นยังสอดคล้องกับ ทฤษฎีการให้คำปรึกษาแบบยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของ Rogers ซึ่งสนับสนุนการสร้างความตระหนักรู้ในตนเองและคุณค่าในตนเองของผู้เรียน กลุ่มกิจกรรมการรู้จัก เข้าใจ และเห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น ช่วยเสริมสร้างอัตลักษณ์และความมั่นใจ อันเป็นฐานสำคัญของการตัดสินใจด้านการเรียนและอาชีพ (อัปสรสิริ เอี่ยมประชา และสุดารัตน์ เปรมชื่น, 2560) นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของสุทัศน์ เดชกุญชร เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต และพีระพงษ์ สิทธิอมร ที่ระบุว่า รูปแบบการบริหารจัดการงานแนะแนวที่มีประสิทธิผลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานมี 5 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) การรวบรวมข้อมูลโดยใช้เทคนิคการพัฒนาตนเชิงจิตวิทยา 2) การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางด้านคุณธรรมจริยธรรม 3) การสำรวจและช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถแก้ไขปัญหาทั้งทางด้านการเรียน การอาชีพ หรือปัญหาทางด้านส่วนตัวและสังคม 4) การจัดกิจกรรมค่าย/โครงงานบูรณาการเพื่อพัฒนาทักษะชีวิต และ 5) การนิเทศกำกับ ติดตาม ประเมินผล รายงานผล และพัฒนาระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน (สุทัศน์ เดชกุญชร เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต และพีระพงษ์ สิทธิอมร, 2561)

จากผลการประเมินคุณลักษณะของนักเรียนตามรูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่พัฒนาขึ้น พบว่าอัตราการซิ่ลของนักเรียนลดลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบดังกล่าวมุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดกระบวนการเรียนรู้เชิงระบบในการวางแผนและตัดสินใจด้านการเรียนต่อ ผ่านกิจกรรมแนะแนว 4 กลุ่มที่ครอบคลุมกระบวนการพัฒนาตนเองอย่างรอบด้าน ได้แก่ การรู้จักและเห็นคุณค่าในตนเอง การแสวงหาและใช้ข้อมูลสารสนเทศ

การตัดสินใจและการแก้ปัญหา และการปรับตัวและการดำรงชีวิต กลุ่มกิจกรรมการรู้จัก เข้าใจ และเห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์เกี่ยวกับตนเอง ซึ่งเป็นฐานของการเลือกเส้นทางการศึกษาและอาชีพตามทฤษฎีพัฒนาการอาชีพของ Super เมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจในความสนใจ ความถนัด และคุณค่าของตนเองอย่างชัดเจน ย่อมลดความเสี่ยงในการเลือกเรียนต่อที่ไม่สอดคล้องกับศักยภาพ ส่งผลให้โอกาสในการซิ่ลลดลง (อัจฉรา อินโต, 2560; อัปสรสิริ เอี่ยมประชา และสุดารัตน์ เปรมชื่น, 2560) ขณะเดียวกัน กลุ่มกิจกรรมการแสวงหาและใช้ข้อมูลสารสนเทศช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าถึง วิเคราะห์ และใช้ข้อมูลด้านการศึกษาและอาชีพอย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับแนวคิดของ Social Cognitive Career Theory (SCCT) ที่เน้นบทบาทของข้อมูลและประสบการณ์ในการเสริมสร้างความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง และการคาดหวังผลลัพธ์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจด้านอาชีพอย่างมั่นคง สำหรับกลุ่มกิจกรรมการตัดสินใจและการแก้ปัญหา เป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน ช่วยให้นักเรียนสามารถประเมินทางเลือก เปรียบเทียบผลดี–ผลเสีย และตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผลและข้อมูลที่เหมาะสม สอดคล้องกับหลักการแนะแนวเชิงพัฒนาที่มุ่งเสริมสร้างทักษะชีวิต มากกว่าการให้คำแนะนำแบบชี้นำ (กาญจนา น้อยวิมล, 2560)

นอกจากนี้ กลุ่มกิจกรรมการปรับตัวและการดำรงชีวิตยังช่วยให้นักเรียนเตรียมความพร้อมต่อการเปลี่ยนผ่านจากระดับมัธยมศึกษาสู่การศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ทั้งด้านอารมณ์ สังคม และการจัดการตนเอง สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาแบบองค์รวม ซึ่งช่วยลดความไม่พร้อมและความเครียดที่มักเป็นสาเหตุสำคัญของการซิ่ลในช่วงปีแรกของการศึกษาต่อ (กมลชนก วงวาฬ, 2562) ดังนั้น การที่อัตราการซิ่ลของนักเรียนลดลงจึงเป็นผลจากการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่เน้นการพัฒนาผู้เรียนเชิงกระบวนการ บูรณาการทฤษฎีแนะแนวกับกิจกรรมที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจตนเอง มีข้อมูลที่เพียงพอ และมีทักษะการตัดสินใจที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอัญชลี ภัทรโอภาส ที่พบว่านักเรียนที่ได้เรียนรู้โดยการใช้ชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อพัฒนาการรู้จักและเข้าใจตนเอง ซึ่งมีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ค้นหา และค้นพบคำตอบด้วยตนเอง เน้นการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสคิดหาแนวทางที่จะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันด้วยการส่งเสริมให้เกิดการปฏิบัติจริง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่เรียนและเกิดการเรียนรู้มากขึ้น เกิดการพัฒนาตนเองมีทักษะการคิดและตัดสินใจที่ ส่งผลให้นักเรียนได้รับการพัฒนาและเกิดความคงทนต่อประสบการณ์การเรียนรู้ (อัญชลี ภัทรโอภาส, 2563)

จากผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนกิจกรรมแนะแนวภายใต้รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนที่พัฒนาขึ้น พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด อธิบายได้ว่ารูปแบบดังกล่าวได้รับการออกแบบบนหลักการแนะแนวเชิงพัฒนาและแนวคิดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมุ่งพัฒนานักเรียนอย่างเป็นองค์รวม ทั้งด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการคิด และการนำไปใช้ในชีวิตจริง ส่งผลให้นักเรียนรับรู้ถึงความหมายและคุณค่าของการเรียนกิจกรรมแนะแนวอย่างชัดเจน ในด้านความสมบูรณ์ของการจัดการเรียนรู้ตามคุณลักษณะ นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เนื่องจากกิจกรรมแนะแนวได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับคุณลักษณะที่คาดหวังของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมการรู้จักตนเอง การวางแผนชีวิต และการปรับตัวในบริบทจริง สอดคล้องกับหลักการของทฤษฎีพัฒนาการอาชีพของ Super ที่เน้นความสอดคล้องระหว่างมโนทัศน์ตนเองกับบทบาทและการเลือกเส้นทางชีวิต ส่งผลให้นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนรู้มีความชัดเจน ตรงกับความต้องการ และสามารถนำไปใช้ได้จริง (อัจฉรา อินโต, 2560) ด้านกระบวนการเรียนรู้ที่มีระดับความพึงพอใจสูงสุด สามารถอธิบายได้จากการที่รูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนเน้นกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก และการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์ สะท้อนตนเอง และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวคิด Constructivism และ

Social Cognitive Career Theory (SCCT) ซึ่งเน้นบทบาทของประสบการณ์ตรงและการมีส่วนร่วมในการเสริมสร้างความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง จึงทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน (กาญจนา น้อยวิมล, 2560)

ด้านการวัดและประเมินผลที่นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าการประเมินผลในรูปแบบนี้มิได้มุ่งเน้นเพียงผลสัมฤทธิ์ปลายทาง แต่ให้ความสำคัญกับการประเมินเชิงพัฒนา การประเมินตนเอง และการสะท้อนผลการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการแนะแนวที่มุ่งเสริมสร้างการเรียนรู้ตลอดกระบวนการ ส่งผลให้นักเรียนรู้สึกว่าการประเมินมีความยุติธรรม ลดความกดดัน และช่วยสนับสนุนการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ด้านการสนับสนุนช่วยเหลือในการเรียนการสอน แม้นักเรียนจะมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่นเล็กน้อย ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดเชิงบริบทของการจัดการเรียนการสอน เช่น เวลาเรียนกิจกรรมแนะแนวที่จำกัด ภาระงานของครูแนะแนว หรืออัตราส่วนครูต่อนักเรียนที่สูง ทำให้การให้ความช่วยเหลือเชิงรายบุคคลอาจยังไม่ทั่วถึงในบางช่วง ประเด็นดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาระบบสนับสนุนเพิ่มเติม เช่น การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการแนะแนว การจัดกลุ่มย่อย หรือการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับครูที่ปรึกษาและผู้ปกครอง เพื่อเสริมประสิทธิภาพการดูแลช่วยเหลือนักเรียนให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

โดยสรุป ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่อยู่ในระดับมากที่สุดในทุกด้าน สะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบการบริหารจัดการชั้นเรียนวิชากิจกรรมแนะแนวที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในเชิงทฤษฎีและการปฏิบัติ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นแนวทางในการพัฒนาระบบสนับสนุนช่วยเหลือในการเรียนการสอนให้เข้มแข็งยิ่งขึ้น เพื่อยกระดับคุณภาพการจัดกิจกรรมแนะแนวให้ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างเต็มศักยภาพ ผลการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นสิ่งยืนยันได้ว่าการบริหารจัดการชั้นเรียนที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแนะแนว เป็นการบริหารจัดการชั้นเรียนร่วมกับจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างมีระบบทำให้ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถของนักเรียนให้เหมาะสมกับความแตกต่างระหว่างบุคคล สามารถค้นพบและพัฒนาศักยภาพของตน เสริมทักษะชีวิต มีวุฒิภาวะทางด้านอารมณ์ มีการเรียนรู้เชิงพหุปัญญาและการสร้างสัมพันธภาพที่ดี ซึ่งผู้สอนทุกคนมีหน้าที่แนะแนวให้คำปรึกษาด้านชีวิต การศึกษาต่อและการพัฒนาตนเองสู่โลกอาชีพและการมีงานทำ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนพะเยาพิทยาคม ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมลชนก วงวาฬ. (2562). การเสริมสร้างการตัดสินใจเลือกอาชีพของนักเรียนมัธยมศึกษาด้วยรูปแบบการปรึกษากลุ่มเชิงบูรณาการ. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2568). **แผนปฏิบัติราชการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 ของกระทรวงศึกษาธิการ (ฉบับจัดทำคำของบประมาณรายจ่ายประจำปี).** สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพฯ

กาญจนา น้อยวิมล. (2560). **การพัฒนาชุดกิจกรรมแนะแนวส่งเสริมด้านการศึกษาและอาชีพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ปณิตา บัวเจริญ. (2564). **การบริหารงานแนะแนวของสถานศึกษาขั้นพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

พิชิต จินดาศรี. (2559). **ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของงานแนะแนวในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 จังหวัดสระแก้ว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

สนธยา สวัสดิ์ (2560). การพัฒนากิจกรรมแนะแนวแบบมีส่วนร่วมสำหรับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน. **ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน,** 277–286.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2563). **ศัพท์บัญญัติสำนักงานราชบัณฑิตยสภา.** สืบค้น 12 ธันวาคม 2568, จาก https://coined-word.orst.go.th/

สุทัศน์ เดชกุญชร เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต และพีระพงษ์ สิทธิอมร. (2561). รูปแบบการบริหารจัดการงานแนะแนวการศึกษาที่มีประสิทธิผล. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, 17(2),** 213–226.

สุธิดา พลชำนิ เกศนีย์ อิ่นอ้าย สุธาสินี ยันตรวัฒนา และมนตา รัตนจันทร์. (2567). การพัฒนาชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตของนักเรียนสำหรับครูโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนในกองกำกับ 33 จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 18(1),** 27–47.

อัจฉรา อินโต. (2560). **การพัฒนาการรับรู้ความสามารถในการเลือกอาชีพของนักเรียนด้วยการปรึกษารายบุคคลเชิงบูรณาการทฤษฎีและเทคนิค.** ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

อัญชลี ภัทรโอภาส. (2563). **ผลการใช้ชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อพัฒนาการรู้จักและเข้าใจตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อัปสรสิริ เอี่ยมประชา และสุดารัตน์ เปรมชื่นสุทัศน์. (2560). การพัฒนาชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อเสริมสร้างการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียน. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี, 6(1),** 145–156.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics, 66(1),** 64–74.

การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน .

The development of analytical thinking competency in biology subject on Photosynthesis of grade 11 students in Pasang District, Lamphun Province

ธินัญญา ใจแจ้ง[1] ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2*] และ กัลทิมา พิชัย[3]

Thinanya chaichaeng[1], Panupat Chaiworn[2*] and Kaltima Phichai[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมดังกล่าว กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 23 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งชั้นตามผลการเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์จำนวน 30 ข้อ โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การคำนวณประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ 75/75 และการทดสอบค่าที สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน (t-test dependent) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียน

ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 โดยมีค่าประสิทธิภาพระหว่างเรียนเท่ากับ 75.65 และค่าประสิทธิภาพหลังเรียนเท่ากับ 76.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ค่าการพัฒนาการเรียนรู้แบบปกติเท่ากับ 0.77 ซึ่งอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความรู้และสมรรถนะการคิดวิเคราะห์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

คำสำคัญ: การสังเคราะห์ด้วยแสง, ชุดกิจกรรมการเรียนรู้, สมรรถนะการคิดวิเคราะห์

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[3] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science (Science Teaching), Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[2] Department of Physic and General Science, Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[3] Department of Biology, Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author: Panupat_Cha@g.cmru.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to determine the efficiency of the learning activity package on photosynthesis for Grade 11 students and to compare the students' learning achievement before and after participating in the learning activities. The sample consisted of 23 Grade 11 students selected through stratified random sampling based on their academic performance. The research instruments included lesson plans, the learning activity package, and a 30-item analytical thinking competency test. Data were analyzed using descriptive statistics—mean and standard deviation—efficiency calculation based on the 75/75 criterion, and a dependent t-test to compare pre-test and post-test scores

The results revealed that the learning activity package met the 75/75 efficiency criterion, with an efficiency value of 75.65 during the learning process and 76.38 after instruction, both exceeding the predetermined standard. The comparison between pre-test and post-test scores showed that the post-test scores were significantly higher than the pre-test scores. The normalized gain score was 0.77, indicating a high level of learning improvement. These findings demonstrate that the developed learning activity package effectively enhanced students' knowledge and analytical thinking competency.

Keywords: Photosynthesis, Learning Activity Package, Analytical Thinking Competency

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะสำคัญที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมยุคใหม่ โดยเฉพาะสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking Competency) ซึ่งถือเป็นทักษะด้านปัญญาที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะข้อมูล ตรวจสอบเหตุผล และพิจารณาหลักฐานอย่างเป็นระบบ อันนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รายงานของ OECD (2019) ชี้ให้เห็นว่าการคิดวิเคราะห์เป็นหนึ่งในสมรรถนะหลักที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้สามารถปรับตัวและตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมในสังคมฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (data-driven society) นอกจากนี้ผลการประเมิน PISA 2018 ยังสะท้อนว่าผู้เรียนไทยยังมีความสามารถด้านการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานสากล (OECD, 2020) เมื่อพิจารณาในบริบทของโรงเรียนป่าซาง พบว่าสถานการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในระดับโรงเรียน จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบก่อนเรียนรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และมีข้อจำกัดในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาแสง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง และบทบาทของรงควัตถุพืช นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถใช้เหตุผลเชิงหลักฐานในการวิเคราะห์กระบวนการดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจเชิงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและข้อจำกัดด้านสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ รายวิชาชีววิทยาเป็นหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาทักษะคิดวิเคราะห์ เพราะเน้นกระบวนการสังเกต การตั้งสมมติฐาน การทดลอง และการตีความผลลัพธ์ตามหลักฐานเชิงประจักษ์ (NRC, 2018) หนึ่งในหัวข้อที่ผู้เรียนมักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน คือ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นกลไกทางชีววิทยาพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสิ่งมีชีวิตทั้งระบบ งานศึกษาหลายชิ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนจำนวนมากไม่สามารถเชื่อมโยงขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงกับ

หลักการทางเคมีหรือฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องได้ ทำให้เกิดการเรียนรู้เพียงเชิงท่องจำและไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ ส่งผลให้ทักษะการคิดวิเคราะห์ไม่พัฒนาเท่าที่ควร (Li et al., 2020)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “การสกัดรงควัตถุอย่างง่ายและการประยุกต์ใช้กับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-Sensitized Solar Cell: DSSC)” โดยออกแบบให้เป็นชุดกิจกรรมแบบบูรณาการ (integrated STEM activity) ที่เชื่อมโยงความรู้ด้านชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์เข้าไว้ด้วยกันตามแนวคิดของ Kelley และ Knowles (2016) ชุดกิจกรรมดังกล่าวมุ่งเน้นการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Hands-on Learning) และการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง (Experiential Learning) ตามทฤษฎีของ Kolb (2015) โดยให้ผู้เรียนสกัดรงควัตถุจากพืชจริง ทดลองสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด DSSC และตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือสำรวจ ตั้งคำถาม วิเคราะห์หลักฐาน และอธิบายผลอย่างมีเหตุผล ก่อให้เกิดการพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกและสมรรถนะการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นรูปธรรม

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการประยุกต์ใช้ความรู้ข้ามสาขาและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้เชิงปฏิบัติ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเสริมสร้างสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนในรายวิชาชีววิทยา โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีความซับซ้อนเชิงกระบวนการอย่างการสังเคราะห์ด้วยแสง ทั้งนี้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นคาดว่าจะมีศักยภาพในการยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลและความต้องการของสังคมยุคปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1.เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูนให้ได้ตามเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 75 /75

2.เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อำเภอป่าซางจังหวัดลำพูน ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ทำให้พัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาสูงขึ้น โดยมีกรอบแนวคิดของงานวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 1

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุดกิจกรรม
2. บัตรคำสั่งหรือบัตรงาน
3. เนื้อหาสาระและสื่อการเรียน
4. แบบทดสอบ

→

ตัวแปรตาม

ผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน ในรายวิชาชีววิทยาของเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

1. การจำแนกและแยกแยะ
2. การหาความสัมพันธ์
3. การวิเคราะห์เชิงหลักการและโครงสร้าง
4. การสังเคราะห์และการประเมิน
5. การตั้งคำถามและค้นคว้า
6. การประยุกต์ใช้และแก้ปัญหา

วิธีวิทยาการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2568 ในอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน จำนวน 46 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ ผู้วิจัยใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยแบ่งนักเรียนตามผลการเรียนออกเป็น 3 ชั้น คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน จากนั้นสุ่มแบบง่ายภายในแต่ละชั้นเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างรวม 23 คน ซึ่งเป็นตัวแทนของประชากรทั้งสามระดับอย่างเหมาะสม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย 3 เครื่องมือ ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 12 คาบ (คาบละ 50 นาที) ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ผลการตรวจสอบพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความสำคัญและพื้นฐานการสังเคราะห์ด้วยแสง มีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) เท่ากับ 1.00 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาแสง (Light Reaction) มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 แผนที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (Dark Reaction / Calvin Cycle) มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 และแผนที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลและการประยุกต์ใช้การสังเคราะห์ด้วยแสง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 จากผลการตรวจสอบดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนมีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ตั้งแต่ 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในระดับยอมรับได้ถึงระดับสูง และ ผ่านเกณฑ์การพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาตามที่กำหนดไว้ทุกแผน (2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น แบ่งออกเป็น 2 กิจกรรมย่อย ได้แก่ (1.) ออร์แกเนลล์และรงควัตถุของพืช (2.) การสังเคราะห์ด้วยแสงการตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรม ผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) เท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับเป็นที่ยอมรับตามเกณฑ์ นอกจากนี้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ (E1/E2) เท่ากับ 75.65/76.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 75/75 และ (3) แบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อน-หลัง ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ พบว่าค่าดัชนี IOC มีค่าเท่ากับ 0.67 ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดและมีความเหมาะสมต่อการนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างในขั้นตอนต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบด้านค่าความยากง่าย ดัชนีอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นตอนแรก ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อวัดสมรรถนะพื้นฐานของผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ จากนั้น ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 กิจกรรม ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยจัดการเรียนรู้ในรายวิชา ชีววิทยา ใช้เวลา 12 คาบ (คาบละ 50 นาที) เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ครบทุกกิจกรรม ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ฉบับเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน เพื่อนำผล

คะแนนที่ได้มาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการพัฒนาวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ตามเกณฑ์ 75/75 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่นิยมใช้ในการวิจัยทางการศึกษา โดยเฉพาะการพัฒนาชุดกิจกรรมหรือสื่อการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษา ทั้งนี้ แม้เนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและมีลักษณะเชิงเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างสูง ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีลำดับขั้นการเรียนรู้ที่เหมาะสมเริ่มจากการสร้างความเข้าใจพื้นฐานการลงมือปฏิบัติจริงผ่านกิจกรรมการทดลองและการเชื่อมโยงแนวคิดเชิงนามธรรมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อช่วยลดความยากของเนื้อหาและส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย จากนั้นได้วิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยวิธีการทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีเทสแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent sample t-test) และวิเคราะห์ผลการพัฒนาการเรียนรู้ (Normalized Gain) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน

ผลการศึกษา

1. ผลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยจำนวน 30 ข้อ โดยดำเนินการทดสอบกับกลุ่มทดลองใช้ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการตรวจสอบพบว่า ข้อสอบมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.43–0.78 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.21–0.63 หลังจากนั้นได้คำนวณค่าความเที่ยงของแบบวัดด้วยสูตร KR-20 ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.87 จากนั้นจึงนำข้อสอบชุดนี้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลจริงต่อไป

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) ก่อนทำการสอนมีการศึกษาค่า IOC ของแผนจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC)

เรื่อง	ค่า IOC	การแปรผล
ชุดกิจกรรม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง	0.67	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความสำคัญและพื้นฐานการสังเคราะห์ด้วยแสง	1.00	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ปฏิกิริยาแสง (Light Reaction)	0.67	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (Dark Reaction / Calvin Cycle)	0.67	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ปัจจัยที่มีผลและการประยุกต์ใช้การสังเคราะห์ด้วยแสง	1.00	ใช้ได้
แบบทดสอบวัดสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง	0.67	ใช้ได้

**หมายเหตุ ค่า IOC ที่รับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป*

จากตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) ของเครื่องมือวิจัย 3 ประเภท ได้แก่ ชุดกิจกรรม แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มีค่าดัชนี IOC อยู่ระหว่าง 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความสำคัญและพื้นฐานการสังเคราะห์ด้วยแสง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาแสง (Light Reaction) มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (Dark Reaction / Calvin Cycle) มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลและการประยุกต์ใช้การสังเคราะห์ด้วยแสง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเกณฑ์เนื้อหาที่กำหนด โดยผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง

สำหรับแบบทดสอบวัดสมรรถนะคิดวิเคราะห์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 30 ข้อ พบว่ามีค่าดัชนี IOC เท่ากับ 0.67 เช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดและมีความเหมาะสมต่อการนำไปทดสอบกับกลุ่มทดลอง เพื่อประเมินคุณภาพข้อสอบในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

รายการ	ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ	แปลผล
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	E_1	40	75.65	สูงกว่าเกณฑ์
เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง	E_2	30	76.38	สูงกว่าเกณฑ์

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 75/75 โดยค่าประสิทธิภาพระหว่างเรียน (*E1)* เท่ากับ 75.65 ร้อยละ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75 ที่กำหนดไว้ แสดงว่านักเรียนสามารถทำกิจกรรมระหว่างเรียนได้ในระดับดี เข้าใจเนื้อหาระหว่างทำกิจกรรม และมีความก้าวหน้าตามลำดับขั้นของกิจกรรมแต่ละตอน

สำหรับค่าประสิทธิภาพหลังเรียน (*E2)* เท่ากับ 76.38 ร้อยละ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน สะท้อนว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงหลังจากเรียนด้วยชุดกิจกรรมมากขึ้นอย่างชัดเจน สามารถทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมและช่วยส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนได้จริง

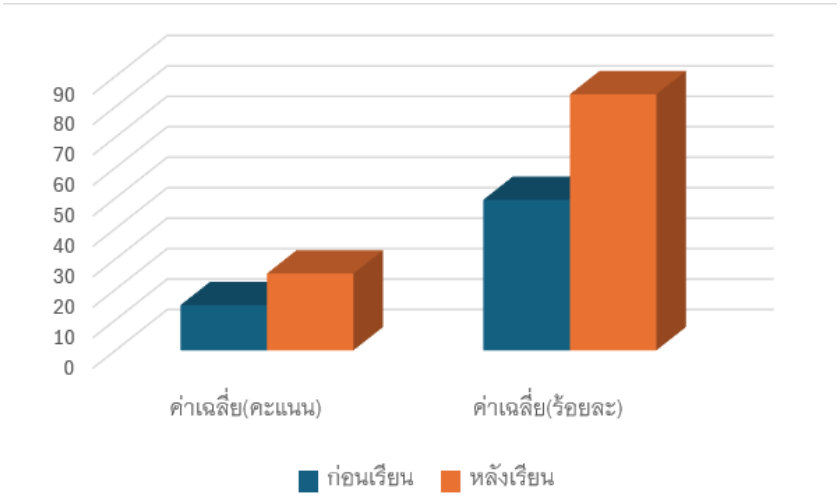
2. ผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 3 ตารางผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียน(t–test) ของนักเรียนหลังผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5

รายการ	คะแนน	ค่าเฉลี่ย (คะแนน)	ค่าเฉลี่ย(ร้อยละ)	S.D.	d	$S.D._D$	t	P*
สมรรถนะการคิดวิเคราะห์	ก่อนเรียน	14.83	49.43	3.41	10.39	3.63	13.74*	.000
	หลังเรียน	25.22	84.07	2.83				

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ทางการเรียนของนักเรียน



จากตารางแสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนจำนวน 23 คน พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 14.83 คะแนน (S.D. = 3.41) ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 25.22 คะแนน (S.D. = 2.83) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างชัดเจน เมื่อนำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนมาคำนวณเป็นคะแนนความก้าวหน้า (d) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.39 คะแนน ($S.D._D$ = 3.63) ผลการทดสอบด้วยสถิติ t-test แบบพึ่งพา (Paired Samples t-test) พบว่า ค่า t มีค่าเท่ากับ 13.74* และมีค่า Sig. (1-tailed) = 0.000 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ผลการพัฒนาการเรียนรู้ (Normalized Gain) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การจัดการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

คะแนน	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	t	Normalized Gain $\langle g \rangle$
ก่อนเรียน	49.43	13.74	0.77 (Medium gain)
หลังเรียน	84.07		

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

เมื่อคำนวณค่าการพัฒนาการเรียนรู้แบบปกติ (Normalized Gain) พบว่ามีค่าเท่ากับ **0.77** ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง (High Gain) ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ค่ามากกว่า 0.70 เป็นระดับสูง แสดงว่านักเรียนสามารถพัฒนาความรู้และความเข้าใจได้ในสัดส่วนที่มาก โดยสามารถเรียนรู้ได้ถึง 77% ของคะแนนที่ควรจะพัฒนาได้ หลังจากได้รับการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมนี้

ตารางที่ 5 ผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์

ด้านของสมรรถนะการคิดวิเคราะห์	ก่อนเรียน	หลังเรียน	$\langle g \rangle$	ระดับการพัฒนา (Hake, 1998)
1. การจำแนกและแยกแยะ	46.09	85.65	0.73	สูง
2. การหาความสัมพันธ์	43.48	80.87	0.66	ปานกลาง
3. การวิเคราะห์เชิงหลักการและโครงสร้าง	50.72	86.23	0.72	สูง
4. การสังเคราะห์และการประเมิน	46.52	84.06	0.70	สูง
5. การตั้งคำถามและค้นคว้า	48.55	85.65	0.72	สูง
6. การประยุกต์ใช้และแก้ปัญหา	47.54	85.80	0.73	สูง
รวม	**47.15**	**84.71**	**0.71**	**สูง**

ผลการวิจัยจากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน และวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล (Normalized Gain: g) ตามเกณฑ์ของ Hake (1998) ผลการวิเคราะห์พบว่า คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการคิดวิเคราะห์โดยรวมเพิ่มขึ้นจาก 47.15 เป็น 84.71 คะแนน มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.71 ซึ่งอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน

เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาเป็นรายด้าน พบว่าสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง โดยมีค่าดัชนีประสิทธิผลอยู่ในช่วง 0.70–0.73 ได้แก่ ด้านการจำแนกและแยกแยะ ด้านการวิเคราะห์เชิงหลักการและโครงสร้าง ด้านการสังเคราะห์และการประเมิน ด้านการตั้งคำถามและค้นคว้า และด้านการประยุกต์ใช้และการแก้ปัญหา ขณะที่ด้านการหาความสัมพันธ์มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.66 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการใช้ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้อย่างครอบคลุม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ทั้งค่าประสิทธิภาพระหว่างเรียนและหลังเรียน ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านกระบวนการจัดกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่องและบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากหลักการออกแบบที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น ผ่านการลงมือปฏิบัติ การสังเกต การวิเคราะห์ข้อมูล และการอภิปรายผลร่วมกัน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจจากประสบการณ์จริงมากกว่าการเรียนรู้แบบรับข้อมูลเพียงอย่างเดียว แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่เน้นการเรียนรู้จากการกระทำและการสะท้อนคิด ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกในวิชาวิทยาศาสตร์ (Kolb, 2015)

เมื่อพิจารณาผลการทดลองโดยเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังเรียน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมมีผลต่อ

การพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนอย่างแท้จริง หากพิจารณาเชิงเปรียบเทียบ จะเห็นได้ว่าก่อนการจัดกิจกรรม ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนถึงการมีความรู้พื้นฐานแต่ยังขาดความสามารถในการเชื่อมโยง วิเคราะห์ และอธิบายกระบวนการทางชีววิทยาอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม ภายหลังการทดลองใช้ชุดกิจกรรม คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาองค์ความรู้และกระบวนการคิดในระดับที่สูงขึ้นได้

ความแตกต่างของผลคะแนนก่อนและหลังเรียนสามารถอธิบายได้จากลักษณะของกิจกรรมที่มุ่งเน้นการฝึกคิดเชิงวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การจำแนกข้อมูล การหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ไปจนถึงการอธิบายเชิงเหตุผลและการประยุกต์ใช้ความรู้ กิจกรรมเหล่านี้สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการชี้แนะอย่างเหมาะสม ซึ่งงานวิจัยเมตาวิเคราะห์ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้ชี้ให้เห็นว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการออกแบบกิจกรรมและการสนับสนุนผู้เรียนอย่างเป็นระบบสามารถพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว (Lazonder & Harmsen, 2016; Kang et al., 2022)

นอกจากนี้ ค่าการพัฒนาการเรียนรู้แบบ normalized gain ที่อยู่ในระดับสูงยังสะท้อนว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกับศักยภาพสูงสุดที่ควรจะเป็นเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความรู้เดิมก่อนเรียน หากพิจารณาเชิงเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ใกล้เคียงกัน พบว่าค่าการพัฒนาที่อยู่ในระดับสูงเช่นนี้มักเกิดขึ้นในบริบทการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมอย่างแท้จริง ได้ทำงานกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และได้รับข้อเสนอแนะอย่างต่อเนื่องระหว่างการเรียนรู้ (Cheng et al., 2020; Driessen et al., 2024) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการจัดกิจกรรมในงานวิจัยครั้งนี้

เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์รายด้าน พบว่าสมรรถนะส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงหลังการเรียนรู้ โดยเฉพาะด้านการจำแนกและแยกแยะ การวิเคราะห์เชิงหลักการ และการประยุกต์ใช้ความรู้ ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนสามารถเข้าใจโครงสร้างและกระบวนการของการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น ขณะที่บางด้านยังอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยเวลาและการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ประเด็นนี้สอดคล้องกับข้อเสนอของ OECD (2019) ที่ระบุว่าสมรรถนะการคิดขั้นสูงควรถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องผ่านกิจกรรมที่หลากหลายและสม่ำเสมอ

โดยสรุป ผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่พัฒนาขึ้นไม่เพียงมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่ยังช่วยยกระดับสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังเรียนยืนยันถึงความเปลี่ยนแปลงเชิงบวกทั้งด้านความรู้และกระบวนการคิด ดังนั้น ชุดกิจกรรมดังกล่าวจึงสามารถใช้เป็นแนวทางที่มีประสิทธิผลในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา และเป็นต้นแบบในการพัฒนาการเรียนการสอนในเนื้อหาอื่นที่มีลักษณะเป็นกระบวนการหรือเนื้อหาเชิงนามธรรมต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ด้วยชุดกิจกรรม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และโรงเรียนป่าซาง โรงเรียนน้ำดิบวิทยาคม และโรงเรียนวชิรป่าซาง จังหวัดลำพูน ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560).* โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2556). *การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียน.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2545). *เทคนิคการสร้างและพัฒนาชุดการเรียนรู้.* สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐวุฒิ สุทธิสาร. (2561). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน.* วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(2), 57–68.

ธิดารัตน์ แสงทอง. (2562). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ปริญญา ศรีโสภา. (2561). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ในวิชาชีววิทยา.* วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 15(2), 45–56.

เพียเจต์, ฌ็อง. (2561). *พัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์.* แปลโดย นิตยา วงษ์จันทร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น.* สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น.

ศศิธร พงษ์สุวรรณ. (2560). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา.* วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 40(3), 112–124.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *ทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21.* กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *แนวทางการพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* โรงพิมพ์ สสวท.

สุนันทา แก้วมณี. (2558). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน.* วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 14(1), 23–34.

Antonio, R. P., et al. (2024). *Effects of inquiry–based approaches on students' higher–order thinking skills: A meta–analytic perspective.* [Online journal].

Cheng, Y., Tsai, C.–Y., & Yang, K. (2020). Integrating renewable energy topics into science teaching: Enhancing students' conceptual understanding and inquiry skills. *Journal of Science Education and Technology, 29*(4), 533–545. https://doi.org/10.1007/s10956–020–09819–5

Driessen, E. P., et al. (2024). Group work enhances student performance in biology: A meta–analysis. *BioScience, 74*(3), 207–218.

Kang, J., Kim, D., & Park, S. (2022). Effects of inquiry–based science learning integrated with technology on high school students' motivation and analytical thinking. *International Journal of STEM Education, 9*(1), 45. https://doi.org/10.1186/s40594–022–00344–7

National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas.* National Academies Press.

Sasanti, W., Hemtasin, C., & Thongsuk, T. (2024). *The effectiveness of inquiry–based learning to improve the analytical thinking skills of sixth–grade elementary school students. Anatolian Journal of Education, 9*(1), 37–

56. https://doi.org/10.29333/aje.2024.913a Frykholm, J. (2021). *Learning to teach integrated STEM: A sociocultural perspective*. Routledge.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). FT Press.

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research, 86*(3), 681–718.

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications in 2015–2019. *International Journal of STEM Education, 7*(1), 1–16. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00213-8

National Research Council. (2018). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. The National Academies Press.

OECD. (2019). *OECD learning compass 2030: A series of concept notes*. OECD Publishing.

OECD. (2020). *PISA 2018 results (Volume V): Effective policies, successful schools*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/ca768d40-en

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผ่านกิจกรรม "ไหว-ให้-รอด" เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

The effects of STEM-Based learning through the activity "Wai-Hai-Rod" on creative thinking and teamwork skills of high school students in Private Schools, Mueang District, Chiang Mai Province

เบญจมาศ จันทรา[1] ศิริวรรณ ดวงตาดำ[1] พิมพ์วรา ศรีชัย[1] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2*]

Benjamas Jantra[1], Siriwan Duangtadam[1], Pimvara Srichai[1] and Panupat Chaiworn[2*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง "ไหว-ให้-รอด" ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนวชิรวิทย์เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2568 จำนวน 33 คน โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ one group pretest posttest design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง "ไหว-ให้-รอด" (2) แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (3) แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ (4) แบบประเมินทักษะการทำงานเป็นทีม (5) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน และวิธีการทางสถิติด้วยการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent sample t-test analysis) ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง "ไหว-ให้-รอด" มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.77/78.79 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทักษะความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา, ความคิดสร้างสรรค์, ทักษะการทำงานเป็นทีม

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Master of Science (Science Teaching), Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[2] Department of Physic and General Science, Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author : Panupat_Cha@g.cmru.ac.th

Abstract

The purposes of this research were to develop a set of STEM learning activities entitled “Survive the Shake” in the physics subject for upper secondary school students, to meet the efficiency criterion of 75/75, and to enhance students’ creative thinking and teamwork skills.The sample group consisted of 33 Grade 10 students in the Science–Mathematics program at Wachirawit Chiang Mai School in the academic year 2025. The research employed a one–group pretest posttest design. The research instruments were (1) a science learning activity package “Wai–Hai–Rod”, (2) STEAM education lesson plan, (3) creativity assessment, (4) a form to assess students’ teamwork skills, and (5) a learning achievement test. The data were analyzed using basic statistical methods and inferential statistics through a dependent sample t–test analysis. The research findings indicate that the science learning activity package “Wai–Hai–Rod” showed an efficiency of 76.77/78.79 which was higher than the set criteria. The students’ learning achievement was significantly higher than that of before the intervention at the .05 level of statistical significance. The students’ creative and teamwork skills were significantly higher than that of before the intervention at the .05 level of statistical significance.

Keywords: STEM Education, Creative thinking, Teamwork skills

บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 สังคมโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งด้านเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์และเศรษฐกิจ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการบูรณาการที่สำคัญในยุคปัจจุบัน โดยผสานความรู้จากสี่สาขาหลัก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science), เทคโนโลยี (Technology), วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering), และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ แนวคิดพื้นฐานทางทฤษฎีของสะเต็มศึกษาตั้งอยู่บนรากฐานของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) ของ Piaget (1970) และ Vygotsky (1978) ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการปฏิบัติจริงและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้จากการแก้ปัญหา (Problem–Based Learning) ของ Dewey (1938) ที่สนับสนุนให้ผู้เรียนใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ งานวิจัยจำนวนมากทั่วโลกได้ยืนยันถึงความสำคัญและประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อาทิ ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ และ ทักษะการทำงานร่วมกัน (Bybee, 2013) การวิจัยและการประยุกต์ใช้สะเต็มศึกษาจึงเป็นกลไกสำคัญในการเตรียมความพร้อมของเยาวชนให้สามารถรับมือกับความท้าทายและความเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยชุดกิจกรรม การจัดการเรียนการสอนถือเป็นนวัตกรรมที่สามารถพัฒนาผู้เรียนได้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงและการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 การนำชุดกิจกรรม มาบูรณาการกับ STEM ทำให้ ผู้เรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้สูงกว่าก่อนเรียน (ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ และคณะ, 2561) และสร้างความสนใจใฝ่รู้ ตลอดจนแรงจูงใจในการเรียน เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้กระบวนทัศน์ทางการศึกษาเปลี่ยนแปลงไป การจัดการศึกษาทุกระดับเน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดแบบวิจารณญาณ ฯลฯ รวมทั้งการพัฒนาทักษะ

การสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือแสวงหาความรู้ และการมีทักษะทางสังคม แนวโน้มการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่าง ๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริง ทำให้การเรียนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนจะเห็นประโยชน์ คุณค่าของการเรียน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) ในปัจจุบันปัญหามีความซับซ้อน การแก้ปัญหาด้วยวิธีการเดิมที่เคยใช้มามักจะไม่ได้ผล การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จึงมีความจำเป็นมากในปัจจุบัน ซึ่งใช้ความคิดระดับสูง 3 อย่างร่วมกันอย่างเหมาะสม ได้แก่ การคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เมื่อพบปัญหาสถานการณ์ที่เป็นอุปสรรคปัญหาจะใช้การคิดแก้ปัญหา จากนั้นใช้การคิดสร้างสรรค์ในการเสนอแนวทางแก้ไขให้ได้หลายวิธีที่สุด มีความแปลกใหม่ แล้วใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเลือกวิธีที่ดีที่สุด หาวิธีการใหม่ ๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหาให้ลุล่วง เกิดผลเชิงบวกและมีผลกระทบน้อยที่สุด (พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย และคณะ, 2564) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องเน้นทักษะกระบวนการคิดที่สามารถเน้นให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์เพื่อตอบโจทย์ของการเปลี่ยนแปลงของยุคสมัยในขณะนี้ (พรสวรรค์ วงษ์ตาธรรม, 2558) นอกจากนี้ทักษะการทำงานเป็นทีมเป็นคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่สำคัญและมีความจำเป็นสำหรับผู้เรียนในยุคนี้ เพราะเมื่อผู้เรียนจบการศึกษาไปแล้วเข้าสู่โลกของการทำงาน ต้องร่วมงานกับผู้คนหลากหลายอาชีพ หลายความสามารถ และมีบุคลิกภาพลักษณะนิสัยที่แตกต่างกันไปด้วย ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนในยุคนี้ ครูควรกำหนดปัญหาสถานการณ์ที่ต้องช่วยกันระดมความคิดและลงมือปฏิบัติเป็นทีม เพื่อปลูกฝังทักษะการทำงานเป็นทีมแก่ผู้เรียน (พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย และคณะ, 2564) ทักษะการทำงานเป็นทีมซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของกิจกรรมในโลกอาชีพ ก็ได้รับการเน้นย้ำว่าเป็นผลลัพธ์หลักของสะเต็มศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้ที่ต้องร่วมมือกันแก้ปัญหา Johnson & Johnson (2014) ได้เน้นย้ำถึงองค์ประกอบสำคัญของการทำงานร่วมกันที่ประสบความสำเร็จ โดยมีการพึ่งพาซึ่งกันและกันในทางบวก และความรับผิดชอบส่วนบุคคล ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นับเป็นกลไกสำคัญในการบ่มเพาะทักษะทั้งสองนี้ไปพร้อมกัน

จากการสำรวจความต้องการและผลการประเมินเบื้องต้นในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้ยังคงมีผลการประเมินทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ และ ทักษะการทำงานเป็นทีม ในระดับที่ต้องพัฒนาเมื่อเทียบกับศักยภาพที่ควรจะเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาที่ต้องอาศัยการบูรณาการความรู้และการคิดนอกกรอบ ปัญหานี้สอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับที่ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรแบบแยกส่วนในปัจจุบันอาจยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทักษะดังกล่าว ด้วยเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าว วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือการศึกษาและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ผ่านการประยุกต์ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาในรูปแบบกิจกรรมเชิงปฏิบัติการที่เรียกว่า "ไหว-ให้-รอด" ซึ่งออกแบบตามหลักการของ Engineering Design Process โดยกิจกรรมนี้จะเน้นการจำลองสถานการณ์ที่ท้าทายเพื่อให้ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมร่วมกัน (Brophy et al., 2018) การศึกษานี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างองค์ความรู้ที่เฉพาะเจาะจงต่อการพัฒนานักเรียนในบริบทของโรงเรียนเอกชนในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสร้างชุดกิจกรรมเรื่อง "ไหว-ให้-รอด" ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผ่านกิจกรรม "ไหว-ให้-รอด" เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีตัวแปรดังนี้

ตัวแปรต้น
การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม "ไหว-ให้-รอด" โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นนำ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสอน และขั้นตอนที่ 3 ขั้นสรุป

→

ตัวแปรตาม
ความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยความคิดสร้างสรรค์ ประเมินจากพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้ 1.ความคิดริเริ่ม 2. ความคิดคล่องแคล่ว 3. ความคิดยืดหยุ่น 4. ความคิดละเอียดลออ และทักษะการทำงานเป็นทีม ประเมินจากพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้ 1.ร่วมกันวางแผนและกำหนดเป้าหมาย 2.การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีช่วยเหลือซึ่งกันและกัน 3.การตระหนักในหน้าที่ของตนเอง 4.การสร้างบรรยากาศที่ดีในการทำงานเป็นทีม 5.การปรึกษาและแก้ปัญหาร่วมกัน

รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดการศึกษาเอกชน ในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1,015 คน กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพันธสัญญา อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 12 คน และกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรวิทย์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 33 คน ได้มาโดยวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง "ไหว-ให้-รอด" ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม ได้แก่ อาคารท้าทดสอบ, Balance Challenge, คลื่นสั่นมันมือ และเขย่าโลกในห้องเรียน ซึ่งประกอบด้วยใบงานและใบความรู้ และแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีม ผ่านการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กิจกรรม "ไหว-ให้-รอด" ผู้วิจัยมีวิธีการสร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีม แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ นำเครื่องมือเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบเครื่องมือ พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 1.00 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 0.67 – 1.00 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ

0.67 – 1.00 และแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีม มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ0.67 – 1.00 จากนั้นนำเครื่องมือไปใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 12 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือก่อนจะนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง พบว่า มีประสิทธิภาพดังนี้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เท่ากับ 76.77/78.79 และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เท่ากับ 76.36/78.18 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 สามารถนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 33 คนต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง เพื่อที่จะนำชุดกิจกรรมไปหาประสิทธิภาพโดยวัดจากกิจกรรมในการสอนและใบงาน ผ่านกิจกรรมย่อย 4 กิจกรรม ได้แก่ อาคารท้าทดสอบ, Balance Challenge, คลื่นสั่นมันมือ และเขย่าโลกในห้องเรียน โดยชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ขึ้นไป แล้วนำผลที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ทำการทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ที่สร้างขึ้น ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง "ไหว-ให้-รอด" เพื่อที่จะนำชุดกิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ไปหาประสิทธิภาพ โดยวัดจากกิจกรรมในการสอนและใบงาน โดยชุดกิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ขึ้นไป พร้อมประเมินความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการทำงานเป็นทีม ด้วยแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีม และทำการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ที่สร้างขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสถิติที่ใช้คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง "ไหว-ให้-รอด" นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรวิทย์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ตามเกณฑ์ 75/75 โดยหาค่า E1/E2 วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) – หลังเรียน (Post-test) และวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีม โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีเทสแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample t-test)

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) ของชุดกิจกรรม เรื่อง "ไหว-ให้-รอด" โดยผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งได้ผ่านการตรวจแก้ไขเกี่ยวกับความถูกต้องและความสอดคล้อง พร้อมทั้งได้ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 แปรผลใช้ได้ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 1 แผน ใช้เวลา 3 ชั่วโมง มีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เท่ากับ 0.67 – 1.00 แปรผลใช้ได้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรื่องสมดุลกล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 10 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยค้นคว้าสร้างขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ เท่ากับ 0.67 – 1.00 แปรผลใช้ได้ แบบวัดทักษะการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมมีค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เท่ากับ 0.67 – 1.00 แปรผลใช้ได้ จึงนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC)

เรื่อง	ค่า IOC	การแปรผล
ชุดกิจกรรม เรื่อง "ไหว–ให้–รอด"	1.00	ใช้ได้
แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education)	0.67 – 1.00	ใช้ได้
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลัง เรื่อง สมดุลกล	0.67 – 1.00	ใช้ได้
แบบวัดทักษะการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์	0.67 – 1.00	ใช้ได้
แบบวัดทักษะการทำงานเป็นทีม	0.80 – 1.00	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เรื่อง "ไหว–ให้–รอด" และแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยพิจารณาจากค่า E_1/E_2 โดยค่า E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ และค่า E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ผลการวิเคราะห์ดังข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าชุดกิจกรรม เรื่อง "ไหว–ให้–รอด" มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับร้อยละ 76.77 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับร้อยละ 78.79 แสดงว่าชุดกิจกรรม เรื่อง "ไหว–ให้–รอด" มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 76.77/78.79 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับร้อยละ 76.36 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับร้อยละ 78.18 แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 76.36/78.18 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เรื่อง "ไหว–ให้–รอด" และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

รายการ	ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ	แปลผล
ชุดกิจกรรม เรื่อง "ไหว–ให้–รอด"	E_1	15	76.77	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	15	78.79	สูงกว่าเกณฑ์
แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	E_1	25	76.36	สูงกว่าเกณฑ์
	E_2	25	78.18	สูงกว่าเกณฑ์

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลการพัฒนาทางการเรียนและทักษะก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้รับจากนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง "ไหว–ให้–รอด" พบว่าเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 2.85 และ 7.52 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างของก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 4.67 และคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พิจารณาทักษะความคิดสร้างสรรค์ พบว่าเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 10.33 และ 14.94 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างของก่อนเรียนและหลังเรียนมี

ค่าเท่ากับ 4.61 และคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พิจารณาทักษะการทำงานเป็นทีม พบว่าเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 10.88 และ 16.82 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างของก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 5.94 และคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลการพัฒนาทางการเรียนและทักษะก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้รับจากนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ "STEM-ไหว-ให้-รอด"

รายการประเมิน	การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.	t	Sig.
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ก่อนเรียน	33	10	2	5	2.85	0.94	21.17	0.00
	หลังเรียน	33	10	5	10	7.52	1.37		
ทักษะความคิดสร้างสรรค์	ก่อนเรียน	33	16	9	11	10.33	0.82	47.62	0.00
	หลังเรียน	33	16	13	16	14.94	1.30		
ทักษะการทำงานเป็นทีม	ก่อนเรียน	33	20	10	12	10.88	0.65	23.42	0.00
	หลังเรียน	33	20	15	19	16.82	1.38		

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ผ่านกิจกรรม “ไหว-ให้-รอด” ที่มุ่งพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมสอดคล้องกับผลการวิจัยของสิรินภา กิจเกื้อกูล (2558: 201) กล่าวถึง สะเต็มศึกษา (STEM Education) ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคน สามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะช่วยพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานเป็นทีม โดยอาศัยองค์ความรู้จากการลงมือปฏิบัติ มีกระบวนการเรียนรู้ตลอดจนการแก้ปัญหาและผู้เรียนยังสามารถใช้วิธีการเรียนรู้ที่หลากหลายในการพัฒนานวัตกรรมหรือแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ (สุภาวดี สาระวัน, 2562) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรวิทย์ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 33 คน เครื่องมือทั้งหมดผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67 – 1.00 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม “ไหว-ให้-รอด” พบว่ามีค่าประสิทธิภาพกระบวนการ (E1) เท่ากับ 76.77 และผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 78.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (75/75) โดยค่าประสิทธิภาพกระบวนการ (E1) และผลลัพธ์ (E2) ของชุดกิจกรรมได้มาจากคะแนนการทำกิจกรรมย่อยในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง "ไหว-ให้-รอด" ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีค่าประสิทธิภาพกระบวนการ (E1) เท่ากับ 76.36 และผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 78.18 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์เช่นกัน โดยค่าประสิทธิภาพ

กระบวนการ (E1)และผลลัพธ์ (E2) ได้มาจากคะแนนการทำกิจกรรมย่อยในชุดกิจกรรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน) แสดงให้เห็นว่าทั้งชุดกิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับใช้ในการเรียนการสอนจริงสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย และคณะ (2563) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 90.54/87.40 จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และมีความคิดรวบยอด สามารถนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง "ไหว-ให้-รอด" พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 2.85 และ 7.52 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ผลต่างของก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 4.67 และคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับผลการวิจัยของจินตนา เบ้าสุภี และพรรณวิไล ดอกไม้ (2566) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แลลสะเต็มศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ย 10.33 เป็น 14.94 ผู้วิจัยทำการวัดความคิดสร้างสรรค์ตามองค์ประกอบของ Guilford (1967) ทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดคล่องแคล่ว 3) ความคิดยืดหยุ่น 4) ความคิดละเอียดลออ พบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกด้าน และทักษะการทำงานเป็นทีมเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ย 10.88 เป็น 16.82 ซึ่งทั้งสองด้านมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของน้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพิมพ์พิชชา ศาสตราชัย และคณะ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีม ครูจำเป็นต้องแบ่งบทบาทของผู้เรียนให้ชัดเจนยิ่งขึ้นและมีการนำเรื่องของSTEAM เข้ามามีส่วนร่วมในเรื่องของ A – Arts ความคิดสร้างสรรค์

การออกแบบเชิงศิลป์ และความสวยงาม เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์มากยิ่งขึ้น และมีการจัดบทบาทเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าถึงทักษะการทำงานเป็นทีมได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยที่ยืนยันประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกิจกรรมนี้ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต ดังนี้

1. **ประเด็นด้านความคงทนของทักษะ** ควรมีการวิจัยติดตามผล (Follow-up Study) เพื่อศึกษาว่าผลของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมมีความคงทน (Retention) หรือสามารถถ่ายโอน (Transfer) ไปสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ ของผู้เรียนในระยะยาวได้หรือไม่ เพื่อให้สามารถยืนยันความยั่งยืนของผลการเรียนรู้
2. **ประเด็นด้านการเปรียบเทียบประสิทธิผล** ควรมีการวิจัยเชิงทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของกิจกรรม "ไหว-ให้-รอด" กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยมีการใช้กลุ่มควบคุม (Control Group) เพื่อยืนยันประสิทธิผลของนวัตกรรมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และตรวจสอบความแตกต่างอย่างเป็นระบบ (Kim & Choi, 2019)
3. **ประเด็นด้านบริบทการศึกษา** ควรมีการวิจัยเพื่อขยายขอบเขตการใช้กิจกรรมไปยังนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ หรือโรงเรียนสังกัดรัฐบาล เพื่อตรวจสอบความสามารถในการสรุปอ้างอิงของผลการวิจัยในบริบททางการศึกษาที่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผ่านกิจกรรม "ไหว-ให้-รอด" เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดการศึกษาเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และโรงเรียนวชิรวิทย์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

จินตนา เบ้าสุภี และพรรณวิไล ดอกไม้. (2566). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. **วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ**, 3(5), 569-588.

ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ, ปริญญา ทองสอน และสมศิริ สิงห์ลพ. (2561). ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการองค์ความรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร**, ปีที่ 20 ฉบับที่ 3.

น้ำฝน คูเจริญไพศาล, อภัสรา ราศรีกฤษณ์ และสาธิกา เสมากูล. (2565). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร**, 20(2), 196-213.

พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย, มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์. (2564). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ทักษะการทำงานเป็นทีม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. **วารสารบัณฑิตศึกษา**, ปีที่ 18 ฉบับที่ 81.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. **วารสารนักบริหารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 33(2), 49–56.

พรสวรรค์ วงษ์ตาธรรม. (2558). การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 38(2), 111–121.

วัชราภรณ์ แสนนา. (2565). **การพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. (วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2561). **คู่มือการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสำหรับครู.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สุพัตรา โคตะวงษ์. (2559). **การส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชุมแพศึกษา**. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุภาวดี สาระวัน. (2562, 6 มีนาคม). *กระบวนการทางวิศวกรรมสำคัญกับสะเต็มศึกษาอย่างไร.* คลังความรู้ SciMath. https://www.scimath.org/article-stem/item/9117

Akerson, V. L., et al. (2018). STEM teaching through engineering design: Effects on creativity, problem solving, teamwork. **Science Education Review**.

Brophy, J., et al. **(**2018**).** Engineered integrative and conjugative elements for efficient and inducible DNA transfer to undomesticated bacteria. **The Embo Journal.**

Bybee, R. W. (2013). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities, National Science Teachers Association, **Scientific Research.**

Chanthala, S., Santiboon, T., & Ponkham, J. (2017). STEM activities and creative thinking in Thai secondary students. **Thai Journal of Education Research**.

Cropley, D. H. (2015). Promoting creativity and innovation in engineering education. **Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts**, 9(2), 161–171.

Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. **International Journal of Science Education**, 24(4), 389–403.

Huang, B., Jong, M. S.-Y., King, R. B., Chai, C. S., & Jiang, M. Y. (2022). Promoting secondary students' twenty-first century skills and STEM career interests through a crossover program of STEM and community service education. **Frontiers in Psychology**.

Kim, K. H. (2018). Demystifying Creativity: What Creativity Isn't and Is? **Roeper Review**, 41(2), 119–128.

Kwon, H. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity. **STEM Education**.

Thornhill-Miller, B. (2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: 21st century skills in education. **Journal of Educational Research**.

Stolaki, A., et al. (2023). Examining the effects of creativity, collaboration, and other factors on team creative performance. **ScienceDirect**.

Suherman, S. (2025). The role of STEM teaching in education: An empirical perspective. **PMC**.

Wu, X., et al. (2024). A meta-analysis of interdisciplinary teaching abilities among STEM education. **International Journal of STEM Education**.

กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระชายและส่งเสริมช่องทางการจัดจำหน่าย ของชุมชน ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

The process of developing Fingerroot–Based products and promoting distribution channels in the community Samoeng Nuea Subdistrict, Samoeng District, Chiang Mai Province

กิตติ เขียวทอง[1] และ ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2*]

Kitti Khiawthong[1] and Panupat Chaiworn[2*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพ กลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์กระชาย สร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ส่งเสริมและพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่าย ในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกระชาย ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างคือสมาชิกกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์กระชายจำนวน 20 คน ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนกุมภาพันธ์–กันยายน พ.ศ. 2568 ใช้วิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) โดยใช้แบบสอบถาม การระดมสมอง การวิเคราะห์ SWOT และการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ผลการศึกษา พบว่ากลุ่มชาวบ้านมีความเข้มแข็งในการรวมกลุ่มแต่ขาดความรู้ในการสร้างมูลค่าเพิ่ม การดำเนินโครงการจึงได้จัดอบรมด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ พัฒนาแบรนด์ “ชากระชาย ตรา ดอยแม่ปะ” และจัดทำช่องทางการตลาดทั้งแบบออฟไลน์และออนไลน์ ผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.32) นอกจากนี้ผลตอบแทนทางสังคม (SROI) พบว่ามูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์กระชายชุมชนสูงขึ้นร้อยละ 50 คิดเป็นมูลค่า 20,000 บาทต่อปี แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระชายสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มและขยายโอกาสทางการตลาดให้กับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: กระชาย, ผลิตภัณฑ์ชุมชน, ช่องทางการจัดจำหน่าย, การพัฒนาท้องถิ่น, วิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม, ตัวชี้วัด SROI

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

[2] Department of Physic and General Science, Faculty of science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author: Panupat_Cha@g.cmru.ac.th

Abstract

This research aimed to study analyze the potential of the fingerroot–based products producer group, create product prototypes, develop and promote distribution channels to add value to processed Fingerroot–Based Products in Samoeng Nuea Subdistrict, Samoeng District, Chiang Mai Province. The participants were 20 community members producing fingerroot–based products. The study, conducted from February to September 2025, employed Participatory Action Research (PAR) using questionnaires, brainstorming, SWOT analysis, and product design workshops. The results revealed that the group was cohesive but lacked marketing and value–added knowledge. Therefore, the project implemented product design training, developed the brand "Fingerroot Tea – Doi Mae Pa," and created both offline and online marketing channels. The participants' satisfaction level was very high (mean = 4.32). The Social Return on Investment (SROI) indicated a 50% increase in community product value, equivalent to 20,000 THB per year. The study concluded that fingerroot product development could effectively enhance product value and promote sustainable community marketing channels.

Keywords: Fingerroot, Community product, Distribution channels, Local development

บทนำ

ประเทศไทยอยู่ในช่วงการขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (2565–2569) ซึ่งเน้นการสร้างรายได้และโอกาสให้กับชุมชนท้องถิ่น โดยเฉพาะการพัฒนาอาชีพจากทรัพยากรและภูมิปัญญาท้องถิ่น (สรรพสิทธิ์ ชมภูนุช และคณะ, 2565) การผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนจึงเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจ แต่หลายพื้นที่ยังประสบปัญหาด้านการเพิ่มมูลค่าสินค้าและการเข้าถึงตลาด (สมาภรณ์ และคณะ, 2567)ปัจจุบันหน่วยงานภาครัฐได้มีการสนับสนุนให้มีการดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากทรัพยากร องค์ความรู้ที่มีอยู่ภายในชุมชน เพื่อพัฒนาชุมชนโดยการผลิตสินค้าเพื่อมุ่งสู่การเป็นหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ หรือ OTOP โดยนำเอาวัตถุดิบ ทรัพยากร ภูมิปัญญาท้องถิ่น มาพัฒนาเป็นสินค้าเพื่อเป็นรายได้ให้กับกลุ่มและประชาชนในหมู่บ้าน นอกเหนือจากการทำเกษตรกรรม แต่ด้วยการรวมกลุ่มดังกล่าวโดยการนำของผู้นำชุมชน ซึ่งยังขาดองค์ความรู้เรื่องคุณลักษณะการเป็นผู้ประกอบการ อีกทั้งหน่วยงานรัฐไม่สามารถเข้ามาส่งเสริมได้อย่างต่อเนื่องและทั่วถึง ทำให้ประชานในชุมชนขาดโอกาศการดำเนินธุรกิจ ทั้งที่มีผลผลิตที่มีคุณภาพและมีศักยภาพในการพัฒนาให้เกิดเป็นอาชีพที่มั่นคงและยั่งยืน

ชุมชนตำบลสะเมิงเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ เหมาะแก่การปลูกพืชสมุนไพร โดยเฉพาะ "กระชาย" ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของชุมชน อย่างไรก็ตามในบางฤดูกาลผลผลิตล้นตลาด ราคาตกต่ำ การแปรรูปกระชายให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าจึงเป็นแนวทางสำคัญที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ "สะเมิงโมเดล" ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่มุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนสู่มาตรฐานและช่องทางตลาดออนไลน์ อำเภอสะเมิงเป็นอีกหนึ่งอำเภอที่มีชื่อเสียงด้านการท้องเที่ยวของจังหวัดเชียงใหม่ เป็นที่นิยมมาท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวมากมายในฤดูหนาว มีความหลากหลายของกลุ่มชาติพันธ์ ตำบลสะเมิงเหนือมีเนื้อที่ทั้งหมด 86,979 ไร่ มีแม่น้ำที่สำคัญได้แก่ ลำน้ำสะเมิง ลำน้ำห้วยแม่แพะและลำน้ำห้วยแม่ป้อก ทำให้มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมกับการเพาะปลูก องค์การบริหารส่วนตำบลสะเมิงเหนือ มีทั้งหมด 6 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านแม่เลย บ้านแม่แพะ บ้านโป่งกวาว บ้านป่าลาน บ้านป๊อก และบ้านแปะ มีพื้นที่ทำการเกษตรจำนวน 17,875 ไร่คิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่ มีอาชีพหลักในการทำนา ทำไร่ เลี้ยงสัตว์เป็นอาชีพเสริม โดยตำบลสะเมิงเหนือนิยมปลูกกระชาย เป็นอาชีพหลัก แต่ด้วยในอดีตบางฤดูกาลผลผลิต

กระชายมีออกมามากจนล้นตลาด ทำให้ราคากระชายสดตกต่ำเป็นอย่างมากเพียงเพราะชาวบ้านขายกระสดเพียงอย่างเดียวและไม่มีการส่งเสริมจากหน่วยงานต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาศักยภาพและพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลาย สามารถเพิ่มมูลค่าและเพิ่มจำนวนการจัดจำหน่ายให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เตรียมความพร้อมให้การพัฒนารูปแบบเพื่อเป็นของฝากแก่นักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่และการตลาดออนไลน์ที่เข้ามีบทบาทมากขึ้นในการจำหน่ายสินค้า

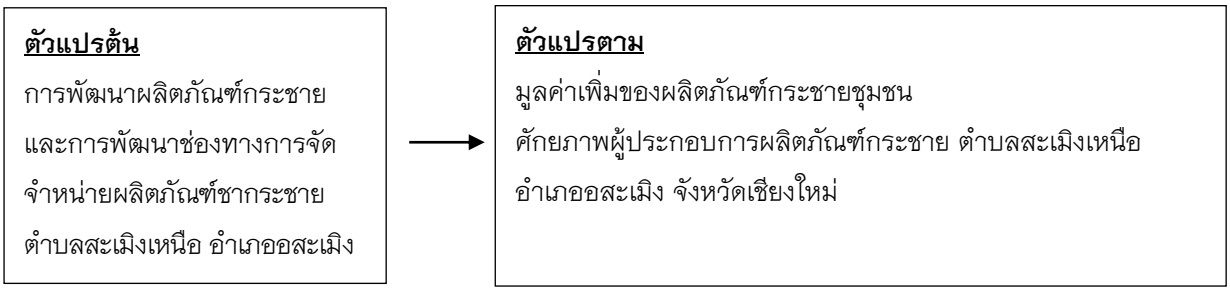
ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงให้ความสนใจในการทำงานวิจัยที่มุ่งศึกษาศักยภาพของผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์กระชายในตำบลสะเมิงเหนือ เพื่อสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์และพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายที่เหมาะสม โดยมีเป้าหมายให้ผลิตภัณฑ์กระชายของชุมชนมีอัตลักษณ์ และมีการวิเคราะห์ศักยภาพของการเป็นผู้ประกอบการแปรรูปกระชาย และสร้างแนวทางในการพัฒนาศักยภาพให้กับผู้ประกอบการที่ขาดคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ได้พัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์กระชาย เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนากลุ่มของตนเองได้อย่างเหมาะสมการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระชายเพื่อส่งเสริมช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์กระชาย ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ชากระชาย ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ชากระชาย ในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกระชาย ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่
3. เพื่อส่งเสริมและพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่าย ผลิตภัณฑ์ชากระชาย ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภออสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

การดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์และช่องทางการจัดจำหน่าย (ตัวแปรต้น) จะส่งผลต่อการให้มูลเพิ่มของผลิตภัณฑ์กระชายและศักยภาพผู้ประกอบการ (ตัวแปรตาม)



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ สมาชิกกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์กระชายจำนวน 20 คน โดยใช้ประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 ฉบับ ได้แก่ 1) แบบสอบถามวัดระดับความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังการอบรม 2) แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้กำหนดทางเลือกไว้ให้ผู้ตอบแบบสอบถาม โดยกำหนดหลักเกณฑ์การให้คะแนนตามความเข้าใจในหัวข้อที่จะอบรมก่อนและหลัง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ตามค่าคะแนนความรู้ความเข้าใจ ดังนี้ มีความรู้ความเข้าใจมากที่สุดให้ระดับคะแนนเท่ากับ 3 คะแนน มีความรู้ความเข้าใจปานกลางให้ระดับคะแนนเท่ากับ 2 คะแนน และไม่มีความรู้ความเข้าใจให้ระดับคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน โดยจะนำค่าคะแนนความพึงพอใจที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและนำมาแปลความหมายของระดับคะแนนเฉลี่ย ตามช่วงค่าเฉลี่ย ดังนี้ ช่วงค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.66 หมายถึง ชาวบ้านไม่มีความรู้ความเข้าใจ ช่วงค่าเฉลี่ย 1.67 – 2.33 หมายถึง ชาวบ้านมีความรู้ความเข้าใจปานกลาง และช่วงค่าเฉลี่ย 2.34 – 3.00 หมายถึง ชาวบ้านมีความรู้ความเข้าใจมาก โดยเก็บข้อมูลก่อนการอบรมในหัวข้อต่าง 1 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบกับการเก็บข้อมูลหลังการอบรมอีก 1 ครั้ง

แบบประเมินความพึงพอใจของชาวบ้าน ผู้วิจัยได้กำหนดทางเลือกไว้ให้ผู้ตอบแบบสอบถาม โดยกำหนดหลักเกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจตามเทคนิคการวัดทัศนคติตามแนวความคิดของ Likert scale ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังนี้ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดให้คะแนนเท่ากับ 5 คะแนน ระดับความพึงพอใจมากให้คะแนนเท่ากับ 4 คะแนน ระดับความพึงพอใจปานกลางให้คะแนนเท่ากับ 3 คะแนน ระดับความพึงพอใจน้อยให้คะแนนเท่ากับ 2 คะแนน และระดับความพึงพอใจน้อยที่สุดให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน ตามลำดับ โดยจะนำค่าคะแนนความพึงพอใจที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและนำมาแปลความหมายของระดับคะแนนเฉลี่ย ตามช่วงค่าเฉลี่ย ดังนี้ ช่วงค่าเฉลี่ย 1.00–1.80 หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจน้อยที่สุด ช่วงค่าเฉลี่ย 1.81–2.60 หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจน้อย ช่วงค่าเฉลี่ย 2.61–3.40 หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจปานกลาง ช่วงค่าเฉลี่ย 3.41–4.20 หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจมาก ช่วงค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 หมายถึงผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจมากที่สุด โดยนำเครื่องมือเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบเครื่องมือ พบว่า แบบสอบถาม มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 1.00 และแบบประเมินความพึงพอใจ มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) เท่ากับ 0.67 – 1.00 จากนั้นนำเครื่องมือไปใช้กับกลุ่มประชาการ จำนวน 20 คน ต่อไป

การคำนวณ SROI (Social Return on Investment) การประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน ได้มาจาก มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์หารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน โดย มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (PV of Benefits): คือ มูลค่าปัจจุบันของผลลัพธ์และผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากโครงการ ซึ่งรวมถึงผลประโยชน์ทางสังคม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ ที่ผ่านการแปลงเป็นตัวเงิน และมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PV of Costs): คือ ต้นทุนทั้งหมดที่ใช้ในการลงทุนทำโครงการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนการวิจัย ได้แก่ ศึกษาศักยภาพและความต้องการของกลุ่มผู้ผลิต วิเคราะห์ SWOT และจัดอบรมด้านการตลาด 4P (Product, Price, Place, Promotion) ออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบและบรรจุภัณฑ์ ในการพัฒนาช่องทางจำหน่ายทั้งในร้านค้าชุมชนและออนไลน์

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ศักยภาพและ SROI วิเคราะห์ข้อมูล โดยสถิติที่ใช้คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ข้อมูล แบบสอบถาม แบบประเมินความพึงพอใจ และการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์กระชาย โดยวิธีการ SWOT แสดงให้เห็นถึงศักยภาพและข้อจำกัดของชุมชนในหลายมิติ โดยจุดแข็งสำคัญคือความเข้มแข็งในการรวมกลุ่ม ความร่วมมือของสมาชิก และความชำนาญในกระบวนการผลิต ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงทุนทางสังคมและทุนมนุษย์ของชุมชนที่เป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนา (วัลลภัช , 2557) ขณะที่จุดอ่อน ได้แก่ การขาดความรู้ด้านการตลาด การจัดการต้นทุนที่ไม่เป็นระบบ และการขาดบันทึกทางการเงิน แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดด้านทักษะการบริหารจัดการธุรกิจชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับงานของสมาภรณ์ และคนอื่นๆ (2567) ที่ระบุว่าผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนส่วนใหญ่ยังขาดองค์ความรู้ทางการตลาดและเทคนิคการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์

ในด้านโอกาส กลุ่มผู้ผลิตได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนาของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ซึ่งเป็นปัจจัยเสริมสำคัญในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิชาการเข้ากับภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน สอดคล้องกับแนวคิด “Triple Helix Model” ของ Etzkowitz และ Leydesdorff (2000) ที่ชี้ให้เห็นว่าความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษา รัฐ และชุมชน เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากอย่างยั่งยืน ส่วนอุปสรรคสำคัญคือภาวะเศรษฐกิจโดยรวมตกต่ำและการแข่งขันสูงในตลาดสมุนไพร ซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในระดับภูมิภาคและประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ SWOT ของกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์กระชาย

ด้านการวิเคราะห์	รายละเอียด
จุดแข็ง (Strengths)	มีความเข้มแข็งของกลุ่ม มีความร่วมมือสูงและมีความชำนาญในการผลิต
จุดอ่อน (Weaknesses)	ขาดความรู้ด้านการตลาด วัสดุมีราคาสูง และไม่มีการบันทึกทางการเงิน
โอกาส (Opportunities)	ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
อุปสรรค์ (Threats)	ภาวะเศรษฐกิจโดยรวมตกต่ำและการแข่งขันสูงในตลาดสนุนไพร

ผลการวิเคราะห์สถานการณ์และศักยภาพชุมชน

ผลการวิเคราะห์สถานการณ์และศักยภาพชุมชน พบว่า ตำบลสะเมิงเหนือเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูกพืชสมุนไพร โดยเฉพาะ “กระชาย” ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่ชาวบ้านนิยมปลูกเป็นรายได้หลัก แต่ยังประสบปัญหาด้าน “ราคาผลผลิตตกต่ำในบางฤดูกาล” และ “ขาดช่องทางการตลาดที่หลากหลาย” จากการสำรวจศักยภาพกลุ่มผู้ผลิตกระชายจำนวน 20 คน พบว่า กลุ่มมีความเข้มแข็งในเชิงสังคม มีการรวมกลุ่มและบริหารจัดการร่วมกันได้ดี มีความรู้พื้นฐานด้านการผลิตกระชาย แต่ขาดองค์ความรู้ด้านการตลาด การออกแบบบรรจุภัณฑ์ และการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์กระชายชุมชน ระบบบัญชีและการจัดการต้นทุนยังไม่เป็นระบบ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Porter (2008) ที่ระบุว่าการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในระดับท้องถิ่นต้องพัฒนาทั้ง “คุณภาพผลิตภัณฑ์” และ “กลยุทธ์ตลาด” ควบคู่กัน (Wheelen, & Hunger, 2012)

ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชากระชาย

ผลการวิจัยได้ใช้แนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) โดยให้ชาวบ้านเข้ามาร่วมทุกขั้นตอนตั้งแต่การวิเคราะห์ SWOT การระดมสมอง และการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยมีกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปชากระชาย ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำกระชายสด ล้างทำความสะอาดล้างดิน

โคลนออก และนำมาซอยให้เป็นชิ้นบางขนาด 1 มิลลิเมตร และนำไปตากแห้ง 3 วัน ให้แห้งแล้วนำไปคั่วไฟให้เกิดกลิ่นหอม โดยกระชายสด 10 กิโลกรัม เมื่อตากจนแห้งแล้ว จะได้ กระชายแห้ง 1 กิโลกรัมล้างใบเตยให้สะอาด นำมาหั่นเป็นท่อน ขนาด 1 เซนติเมตร และตากแดดจำนวน 3 วัน เช่นกัน นำวัตถุดิบได้แก่ กระชายแห้ง ใบเตยแห้ง หญ้าหวานแห้ง มาบดละเอียด จากนั้นผสมคลุกเคล้าวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด เข้าด้วยกัน โดยมีสัดส่วน กระชายแห้ง 100 กรัม ต่อใบเตยแห้ง 20 กรัม และ หญ้าหวาน 4 กรัม นำบรรจุใส่ซองชา (ซองชาเช่) 1 ช้อนชา ต่อ 1 ซอง และใส่ซองอลูมิเนียมฟลอยด์ ซีลให้เรียบร้อย โดย 1 กล่อง บรรจุ 10 ซอง จึงได้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา “ชากระชาย ตรา ดอยแม่ปะ” (Fingerroot Tea – Doi Mae Pa Brand) ลักษณะสำคัญของต้นแบบ บรรจุภัณฑ์: ออกแบบกล่องให้มีสีเหลืองน้ำตาล–เขียว แสดงถึงธรรมชาติของกระชายและชุมชน มีตราสินค้า ใช้ชื่อ “ดอยแม่ปะ” ซึ่งสื่อถึงอัตลักษณ์ท้องถิ่น มีเนื้อหาบนบรรจุภัณฑ์: แสดงสรรพคุณ ส่วนผสม วิธีชง และข้อควรระวัง มีรูปแบบจำหน่าย ได้แก่ ชากระชาย 10 ซอง ราคา 139 บาท ซึ่งผลลัพธ์จึงได้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรต้นแบบ 1 รายการ พร้อมบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการออกแบบโดยนักศึกษาออกแบบผลิตภัณฑ์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา “ชากระชาย ตรา ดอยแม่ปะ” (Fingerroot Tea – Doi Mae Pa Brand)

ผลการพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่าย

ในการแก้ปัญหาการตลาดของชุมชน โครงการได้พัฒนาช่องทางจัดจำหน่าย 2 รูปแบบหลัก คือ (1) ช่องทางออฟไลน์ (Offline) ได้แก่ วางจำหน่ายในร้านค้าชุมชน และจัดแสดงในงานส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP และตลาดชุมชน (2) ช่องทางออนไลน์ (Online) ได้แก่ โปรโมตผ่าน Facebook Page และช่องทางสื่อดิจิทัลของชุมชน ส่งเสริมการเรียนรู้ด้าน Digital Marketing เช่น การถ่ายภาพสินค้า การเขียนเนื้อหาโปรโมต และการตั้งราคาส่ง ซึ่งในการพัฒนาช่องทาง

ดังกล่าวช่วยให้ชาวบ้านสามารถเข้าถึงตลาดที่กว้างขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Kotler & Keller (2016) ที่ชี้ว่าการตลาดดิจิทัลช่วยเพิ่มโอกาสทางการขายและสร้างการรับรู้แบรนด์ในกลุ่มลูกค้าเฉพาะทาง

ผลการประเมินจากแบบสอบถาม ชาวบ้านมีความรู้ความเข้าใจต่อหัวข้ออบรมก่อนการอบรมอยู่ในระดับที่ไม่มีความรู้ความเข้าใจ ($\bar{X}$ = 1.41) และผลการประเมินจากแบบสอบถาม ชาวบ้านมีความรู้ความเข้าใจต่อหัวข้ออบรมหลังการอบรมอยู่ในระดับที่ชาวบ้านมีความรู้ความเข้าใจมาก ($\bar{X}$ = 2.67) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ผลิตผลิตภัณฑ์กระชาย พบว่าภาพรวมอยู่ในระดับ “ดีมาก” (ค่าเฉลี่ย 4.32) สะท้อนให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมพัฒนาผลิตภัณฑ์และการจัดอบรมด้านการตลาดที่จัดขึ้น โดยเฉพาะการออกแบบบรรจุภัณฑ์และการสร้างช่องทางจำหน่ายออนไลน์ ซึ่งช่วยเพิ่มศักยภาพและความมั่นใจในการประกอบอาชีพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Kotler และ Keller (2016) ที่ระบุว่าการพัฒนาทักษะทางการตลาดและการสื่อสารแบรนด์เป็นปัจจัยหลักที่ช่วยยกระดับความพึงพอใจและความสำเร็จของผู้ประกอบการในธุรกิจขนาดเล็ก

เมื่อพิจารณาภาพรวมจากทั้งสองตาราง จะเห็นได้ว่าการเสริมจุดแข็งทางสังคมและการแก้ไขจุดอ่อนด้านทักษะการตลาดของชุมชนเป็นแนวทางสำคัญที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากได้อย่างมีศักยภาพต่อการพัฒนาความยั่งยืน การสนับสนุนจากสถาบันการศึกษาและหน่วยงานภาครัฐควรดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดยุคดิจิทัล

ผลการประเมินผลและผลกระทบ

จากการประเมนผลผู้เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมในระดับ “ดีมาก” (ค่าเฉลี่ย = 4.32) ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI) พบว่ามูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์กระชายชุมชนสูงขึ้น ร้อยละ 50 หรือคิดเป็นมูลค่า 20,000 บาทต่อปี เกิดการรวมกลุ่มเชิงเศรษฐกิจที่ยั่งยืน และการตระหนักรู้ในคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Etzkowitz และ Leydesdorff (2000) ที่เสนอว่าความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษา หน่วยงานรัฐ และชุมชน สามารถสร้างระบบนิเวศนวัตกรรม (Innovation Ecosystem) ที่ส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากอย่างยั่งยืน (Wheelen, & Hunger, 1995)

ตารางที่ 2 กระบวนการต้นแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์และช่องทางการจัดจำหน่าย

ขั้นตอน	กิจกรรมหลัก	ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น
1. วิเคราะห์ศักยภาพและปัญหา	สำรวจข้อมูลพื้นฐาน วิเคราะห์ SWOT	ระบุจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส อุปสรรค
2. ออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	อบรมการออกแบบบรรจุภัณฑ์ พัฒนาแบรนด์	ได้ผลิตภัณฑ์ “ชากระชาย ตรา ดอยแม่ปะ”
3. พัฒนาช่องทางจำหน่าย	จัดอบรม 4P Marketing / ทำเพจออนไลน์	มีช่องทางจำหน่ายทั้งออฟไลน์และออนไลน์
4. ประเมินและติดตามผล	วัดความพึงพอใจ / คำนวณมูลค่าเพิ่ม	มูลค่าสินค้าเพิ่มขึ้น 50% และพึงพอใจระดับดีมาก

ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระชายในตำบลสะเมิงเหนือประสบผลสำเร็จใน 3 มิติหลัก ได้แก่ (1) มิติผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) เกิดผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่มีอัตลักษณ์ สวยงาม และเหมาะสมกับตลาดนักท่องเที่ยว (2) มิติการตลาด (Marketing Channel Development) มีการสร้างช่องทางจำหน่ายที่หลากหลายและเข้าถึงตลาดใหม่

ผ่านออนไลน์ และ (3) มิติศักยภาพชุมชน (Entrepreneurial Capacity) ผู้ประกอบการชุมชนมีทักษะด้านการออกแบบการสื่อสาร และการบริหารจัดการมากขึ้น กล่าวได้ว่ากระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระชายครั้งนี้เป็น “ต้นแบบการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเชิงนวัตกรรม” ที่สามารถขยายผลไปยังกลุ่มผลิตภัณฑ์สมุนไพรอื่นในจังหวัดเชียงใหม่ได้ในอนาคตต่อไป

สรุปผลและอภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระชายมีส่วนช่วยเสริมสร้างเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนสะเมิงเหนืออย่างมีประสิทธิภาพ กลุ่มผู้ผลิตมีจุดแข็งคือความร่วมมือในชุมชน แต่ขาดความรู้ด้านการตลาดและการสร้างแบรนด์ หลังการอบรมสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ชากระชาย ตรา ดอยแม่ปะ” ที่มีบรรจุภัณฑ์โดดเด่น สื่ออัตลักษณ์ของท้องถิ่น และมีช่องทางจำหน่ายทั้งในร้านค้าชุมชนและออนไลน์ผ่าน แอพพลิเคชั่น Lazada ผลการประเมินจากแบบสอบถามชาวบ้านมีความรู้ความเข้าใจต่อหัวข้ออบรมก่อนการอบรมอยู่ในระดับที่ไม่มีความรู้ความเข้าใจ ($\bar{X}$ = 1.41) และผลการประเมินจากแบบสอบถาม ชาวบ้านมีความรู้ความเข้าใจต่อหัวข้ออบรมหลังการอบรมอยู่ในระดับที่ชาวบ้านมีความรู้ความเข้าใจมาก ($\bar{X}$ = 2.67) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.32) และมูลค่าผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น 50% ภายในหนึ่งปี สอดคล้องกับแนวคิดของ Porter (2008) ที่ระบุว่าการสร้างความได้เปรียบเชิงแข่งขันในท้องถิ่นต้องอาศัยนวัตกรรมและการเพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ผลการศึกษายังสอดคล้องกับงานของ สมาภรณ์ และคนอื่นๆ (2567) ที่ชี้ว่าการตลาดดิจิทัลสามารถยกระดับผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นให้เข้าถึงผู้บริโภคได้กว้างขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1) **ข้อเสนอแนะในการวิจัย** ควรจัดอบรมต่อเนื่องด้านการตลาดออนไลน์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการบริหารธุรกิจชุมชน เพื่อให้เกิดศักยภาพต่อการพัฒนาความยั่งยืน

2) **ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป** ควรศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจระยะยาวของผลิตภัณฑ์กระชายต่อรายได้ครัวเรือน และเปรียบเทียบรูปแบบการตลาดในพื้นที่อื่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระชายเพื่อส่งเสริมช่องทางการจัดจำหน่าย ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนในโครงการตามยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และชุมชนสะเมิงเหนือ ตำบลสะเมิงเหนือ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สมาภรณ์ นวลสุทธิ์ สุจินดา พรหมขำ และ บำรุง ศรีนวลปาน (2567). การพัฒนาแพลตฟอร์มการตลาดออนไลน์เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชน. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 9(7), กรกฎาคม 2567. 1417–1432

สรรพสิทธิ์ ชมภูนุช ทิวากร แสร์สุวรรณ ศิรินดา สวนมาดี และ โชติ บดีรัฐ. (2565). บริบทของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. ฉบับที่ 13 กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, *7* (3). มีนาคม 2565. 408–424

วัลลภัช สุขสวัสดิ์. (2557). แนวคิดทุนทางสังคมของโรเบิร์ต ดี พัตนัม และข้อท้าทาย. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 6*(11). มกราคม – มิถุนายน 2557. 281–296.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, *29*(2), 109–123. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing Management. (15th global edition) Edinburgh: Pearson Education. (679 pp).*

Porter, M. E. (2008). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.

Wheelen, T. L., & Hunger, J. D. (2012). *Strategic Management and Business Policy: Toward Global Sustainability* (13th ed.). Pearson.

Wheelen, T. L., & Hunger, J. D. (1995). *Strategic management and business policy* (Vol. 46). Reading, MA: Addison-Wesley.

การประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา

Assessment of the physical environment based on age-friendly city Components in Bua Yai Municipality, Nakhon Ratchasima Province

ศราวุฒิ ใจอดทน[1*]

Sarawut Chai-odthone[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 300 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมิน สำหรับประเมินพื้นที่และสถานที่สาธารณะ ระบบการคมนาคม และที่พักอาศัย ผลการวิจัยพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 65-69 ปี รายได้ครัวเรือนต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ที่ 50,001 บาทขึ้นไป และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยต่อเดือนส่วนใหญ่ไม่เกิน 30% ของรายได้ ส่วนผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ผลประเมินภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.75) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านที่อยู่อาศัย มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.18) รองลงมา คือ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ($\overline{X}$ = 2.91) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง และอันดับสุดท้าย คือ ด้านระบบการคมนาคม มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย ($\overline{X}$ = 2.16) โดยจากผลการศึกษาครั้งนี้สามารถส่งผลให้องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทราบถึงปัญหาที่จะนำไปสู่การกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมและพัฒนาสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ต่อไป

คำสำคัญ: การประเมิน, สภาพแวดล้อมทางกายภาพ, เมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ, เทศบาลเมืองบัวใหญ่

[1] สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] Architecture Department, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhut University, Nakhon Ratchasima 30000

*Corresponding author: sarawut_ex@hotmail.com

Abstract

This research aimed to evaluate the physical environment based on the components of an age-friendly city in Bua Yai Municipality, Nakhon Ratchasima Province. The sample group consisted of 300 elderly residents living within Bua Yai Municipality. The research instrument was an assessment form used to evaluate outdoor spaces and buildings, transportation, and housing. The results showed that most of the elderly were female, aged between 65 and 69 years. The majority had a monthly household income of more than 50,001 baht, and most spent less than 30% of their income on housing-related expenses. The overall assessment of the physical environment based on the components of an age-friendly city in Bua Yai Municipality was found to be at a moderate level ($\overline{X}$ = 2.75). When considering each aspect, the housing had the highest mean score ($\overline{X}$ =3.18), followed by outdoor spaces and buildings ($\overline{X}$ = 2.91), both at a moderate level. The transportation had the lowest mean score ($\overline{X}$ = 2.16), indicating a low level of assessment. The findings of this study provide useful information for local administrative organizations and relevant agencies to identify existing problems and formulate policies to promote and improve the physical environment in accordance with the components of an age-friendly city in Bua Yai Municipality.

Keywords: Assessment, Physical Environment, Age-Friendly City, Bua Yai Municipality

บทนำ

จากการประเมินสถานการณ์ขององค์การสหประชาชาติ ในปี ค.ศ. 2001-2100 จะเป็นศตวรรษแห่งผู้สูงอายุ คือ การมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรรวมทั่วโลก จึงนับว่าเป็นประเด็นที่ท้าทายทั้งทางสังคม และเศรษฐกิจที่แต่ละประเทศจะต้องมีแผนรองรับ และใน ค.ศ. 2050 ลักษณะโครงสร้างทางสังคมโลกจะเปลี่ยนแปลงไป เป็นสังคมแห่งผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ เนื่องจากโครงสร้างประชากรของโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยจะมีคนเกิดน้อยลง และอายุยืนมากขึ้น ทำให้ประชากรทั่วโลกจะมีอายุเฉลี่ยยืนยาวขึ้นอย่างน้อย 9 ปี และประชากรทั่วโลกที่มีอายุมากกว่า 65 ปี จะมีจำนวน 2 พันกว่าล้านคน คิดเป็น 1 ใน 5 หรือร้อยละ 20 ของประชากรทั้งโลก ซึ่งทวีปยุโรปจะมีจำนวนประชากรผู้สูงอายุมากที่สุดในโลก และทวีปเอเชียมีประชากรผู้สูงอายุเป็นอันดับ 4 ของโลก ส่วนประเทศไทยจะเป็นประเทศที่มีสัดส่วนผู้สูงอายุสูงที่สุดเป็นอันดับ 4 ของทวีปเอเชีย และเป็นอันดับ 2 ของกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (PWC Japan group, 2016; นาฏสินี ชัยแก้ว และมยุรี บุญทัด, 2567) และจากสถานการณ์โลกที่กำลังเข้าสู่สังคมสูงวัย องค์กรอนามัยโลก (WHO) ได้เผยแพร่แนวคิดเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ (Age-friend city) ที่ประกอบด้วย 8 ประเด็น 1. อาคารและพื้นที่สาธารณะ 2. การคมนาคมขนส่งและการสัญจร 3. ที่อยู่อาศัย 4. การมีส่วนร่วมเชิงสังคม 5. การให้ความสำคัญและการยอมรับเชิงสังคม 6. การมีส่วนร่วมในฐานะพลเมืองและการจ้างงาน 7. การสื่อสารและการให้ข้อมูล และ8. บริการชุมชนและสุขภาพ สำหรับการพัฒนาเมืองให้เป็นเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ (กรมอนามัย, 2564) ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีประชากรทั้งหมด 66.7 ล้านคน และมีจำนวนผู้สูงอายุ 12.5 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 19 ของประชากรทั้งหมด ส่งผลให้ประเทศไทยกำลังจะกลายเป็นสังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ภายในปี 2565 (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2565) และจากสถานการณ์ผู้สูงอายุในประเทศไทยในปัจจุบันภาครัฐได้เห็นถึงความสำคัญ และออกนโยบายเพื่อเตรียมความพร้อมรองรับสังคมสูงวัยในทุกมิติ โดยปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของผู้สูงอายุคือด้านสภาพแวดล้อม พบว่า บ้านของผู้สูงอายุมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและปลอดภัยเพียง ร้อยละ 7.3

ส่วนพื้นที่สาธารณะ เช่น ตลาดสด ศูนย์บริการสาธารณสุข สวนสาธารณะ สถานีขนส่ง ศาสนสถานต่าง ๆ มีจำนวนมาก ไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้สูงอายุ ทั้งทางลาด ราวจับบันได – ทางเดิน ห้องน้ำ และอื่น ๆ จึงเป็นผลให้สภาพแวดล้อมในที่อยู่อาศัยและสถานที่สาธารณะมีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมและปลอดภัยต่อผู้สูงอายุ ดังนั้น ประเด็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจึงเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่สำคัญมากที่ควรได้รับการแก้ไข (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2563)

เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์แบบ เนื่องจากมีประชากรผู้สูงอายุ จำนวน 2,922 คน คิดเป็นร้อยละ 21.97 ของจำนวนประชากรทั้งหมด (เทศบาลเมืองบัวใหญ่, 2566) และเทศบาลเมืองบัวใหญ่ได้ดำเนินงานในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านสวัสดิการต่าง ๆ และการปรับปรุงสภาพที่พักอาศัยของผู้สูงอายุ รวมถึงมีความต้องการเป็นเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุเพื่อส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ โดยเฉพาะการมุ่งเน้นพัฒนาสภาพแวดล้อมในพื้นที่สาธารณะของชุมชนเพื่อให้คนในชุมชนทุกประเภทสามารถเข้ามาใช้งานได้

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญ และทำการศึกษาการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพพื้นที่ชุมชนเทศบาลเมืองบัวใหญ่ตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เพื่อทำการศึกษาและประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ 1. อาคารและพื้นที่สาธารณะ 2. การคมนาคมขนส่งและการสัญจร และ 3. ที่อยู่อาศัย เพื่อให้ทราบถึงปัญหาด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนพัฒนาเมืองสู่การเป็นเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ และยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในการดำเนินชีวิตในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อประเมินผลสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา

วิธีวิทยาการวิจัย

การศึกษานี้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เพื่อนำมาวิเคราะห์และกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย ซึ่งพื้นที่ในการศึกษาวิจัย คือ พื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา และรายละเอียดวิธีการวิจัยมีดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร คือ กลุ่มผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 2,922 คน (เทศบาลเมืองบัวใหญ่, 2566) และกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาที่ต้องมีการใช้งานอาคารสถานที่และพื้นที่สาธารณะ ระบบคมนาคม และที่พักอาศัยตนเองในชุมชนที่เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้จำนวน 300 คน ด้วยการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยอาศัยการแนะนำจากกลุ่มผู้นำชุมชน และกลุ่ม อสม. เพื่อเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ และให้กระจายครอบคลุมทั้ง 24 ชุมชนของเทศบาลเมืองบัวใหญ่

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมิน สำหรับการประเมินอาคารและพื้นที่สาธารณะ ระบบการคมนาคม และที่พักอาศัยในชุมชนที่เป็นพื้นที่ศึกษาตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน และส่วนที่ 2 ประเมินเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ โดยแบ่งคะแนนการประเมินเป็น 5 ระดับ คือ ระดับมากที่สุด คือ ช่วงคะแนน 4.21–5.00 ระดับมาก คือ ช่วงคะแนน 3.41–4.20 ระดับปานกลาง คือ ช่วงคะแนน 2.61–3.40 ระดับน้อย คือ ช่วงคะแนน 1.81–2.60 และระดับน้อยที่สุด คือ ช่วงคะแนน 1.00–1.80 โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้ขอเสนอแนะ จำนวน 3 ท่าน พรอมทั้งปรับปรุงขอคำถามตามข้อเสนอแนะ และนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคลองระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค (IOC) โดยทุกข้อ มีคา >0.5

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1) ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่สำรวจเก็บข้อมูลอาคารและพื้นที่สาธารณะ เพื่อศึกษาพิจารณาอาคารและพื้นที่สาธารณะที่เป็นพื้นที่ใช้งานหลักๆ ของผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ สำหรับกำหนดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ จากประเภทอาคารและพื้นที่สาธารณะ 5 ประเภท สามารถแบ่งเป็น 1. ประเภทศาสนสถาน จำนวน 5 แห่ง คือ วัดดอนขุนสนิท วัดบัวใหญ่ วัดหนองม่วงบูรพาราม วัดหัวหนอง และวัดประชานิมิต 2. ประเภทสถานที่ราชการ จำนวน 1 แห่ง คือ เทศบาลเมืองบัวใหญ่ 3. ประเภทโรงพยาบาล จำนวน 1 แห่ง คือ โรงพยาบาลบัวใหญ่ 4. ประเภทตลาด จำนวน 3 แห่ง คือ ตลาดสดเทศบาล 1 ตลาดสดเทศบาล 2 และตลาดบัวขาว และ 5. ประเภทสวนสาธารณะ จำนวน 3 แห่ง คือ สวนสาธารณะสระใหญ่ สวนสาธารณะบึงบัวใหญ่ และสวนสาธารณะอ่างประปาบัวใหญ่

2) ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ โดยการแจกแบบประเมินและชี้แจงรายละเอียดการประเมินให้กับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุทำการตอบประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ จำนวน 300 คน ในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ทั้งหมด 24 ชุมชน และนำข้อมูลกลับมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินอาคารและพื้นที่สาธารณะ ระบบคมนาคม และที่พักอาศัยในชุมชนที่เป็นพื้นที่ศึกษา โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้สถิติเบื้องต้น ได้แก่ การหาค่าร้อยละ การหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลผู้ตอบแบบประเมิน

จากการศึกษา พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 163 คน (ร้อยละ 54.33) อายุระหว่าง 65–69 ปี จำนวน 122 คน (ร้อยละ 40.67) สถานภาพสมรส จำนวน 179 คน (ร้อยละ 59.67) จบการศึกษาระดับประถมศึกษา จำนวน 101 คน (ร้อยละ 33.67) และระดับมัธยมศึกษา จำนวน 101 คน (ร้อยละ 33.67) ประกอบอาชีพค้าขาย จำนวน 103 คน (ร้อยละ 34.33) ด้านรายได้ครัวเรือนต่อเดือนของผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 50,001 บาทขึ้นไป จำนวน 100 คน (ร้อยละ 33.33) และส่วนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยต่อเดือนส่วนใหญ่ไม่เกิน 30% ของรายได้ จำนวน 285 คน (ร้อยละ 95.00)

ความถี่ในการไปใช้งานอาคารและพื้นที่สาธารณะที่แบ่งตามประเภทของสถานที่ พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความถี่ในการใช้งานอาคารประเภทโรงพยาบาล น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 84.67 ส่วนประเภทสถานที่ราชการ มีความถี่การใช้งาน น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 90.67 ส่วนประเภทตลาด มีความถี่การใช้งาน

มากกว่า 4 ครั้ง ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 32.33 ส่วนประเภทศาสนสถาน มีความถี่การใช้งาน 1–2 ครั้งต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 46.34 และประเภทสวนสาธารณะ มีความถี่การใช้งาน 3–4 ครั้งต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 31.00

2. ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา

จากผลการศึกษาเก็บข้อมูลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา สามารถอธิบายผลประเมินได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ แยกตามรายด้าน

n=300

ด้าน	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
1. ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ	2.91	0.86	ปานกลาง
2. ด้านระบบคมนาคม	2.17	0.94	น้อย
3. ด้านที่พักอาศัย	3.18	1.00	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.75**	**0.93**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ แยกตามรายด้าน โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.75, SD = 0.93) เมื่อพิจารณาตามรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านที่พักอาศัย ($\overline{X}$ = 3.18, SD = 1.00) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง รองลงมา คือ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ($\overline{X}$ = 2.91, SD = 0.86) ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง และอันดับสุดท้าย คือ ด้านระบบคมนาคม ($\overline{X}$ = 2.17, SD = 0.94) ผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย

1) ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ แยกตามประเภทของสถานที่

n=300

ประเภทของสถานที่	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
1. ศาสนสถาน	2.88	0.78	ปานกลาง
2. สถานที่ราชการ	3.07	0.99	ปานกลาง
3. โรงพยาบาล	3.69	0.90	มาก
4. ตลาด	1.79	0.82	น้อยที่สุด
5. สวนสาธารณะ	3.15	0.83	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.91**	**0.68**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ แยกตามประเภทของสถานที่ โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.91, SD = 0.68) เมื่อพิจารณาตามประเภทของสถานที่ พบว่า ประเภทของสถานที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ โรงพยาบาล ($\overline{X}$ = 3.69, SD = 0.90) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก รองลงมา คือ สวนสาธารณะ ($\overline{X}$ = 3.15, SD = 0.83) ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง สถานที่ราชการ ($\overline{X}$ = 3.07, SD = 0.99) ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ศาสนสถาน ($\overline{X}$ = 2.88, SD = 0.78) ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง และอันดับสุดท้าย คือ ตลาด ($\overline{X}$ = 1.79, SD = 0.82) ผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทศาสนสถาน

n=300

ประเด็นคำถาม	วัดพุทธมหายาน	วัดป่าใหญ่	วัดหนองม่วงไข่	วัดห้วยหลวง	วัดประชาธิปไตย	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
1.สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน	4.55	3.10	3.39	3.77	3.39	3.64	0.30	มาก
2.มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ โดยเฉพาะในบริเวณที่ใช้บริการ	4.27	2.62	3.03	3.50	2.40	3.16	0.32	ปานกลาง
3.ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสมต่อการเดินของผู้สูงอายุและผู้ที่ใช้รถวีลแชร์	4.18	3.03	3.37	3.50	2.65	3.35	0.27	ปานกลาง
4.มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ อยู่ใกล้สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานและมีป้ายที่จอดรถบอกชัดเจน	4.10	2.62	3.21	2.96	2.50	3.08	0.22	ปานกลาง
5.สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ เช่น ทางลาด ราวจับ เป็นต้น	3.91	2.46	3.06	2.85	2.22	2.90	0.29	ปานกลาง
6.สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย เช่น มีป้ายทางหนีไฟ มีกล้อง CCTV เป็นต้น	3.82	1.67	1.84	2.69	2.01	2.41	0.26	น้อย

ประเด็นคำถาม	วัดตอนชุนสนิท	วัดเบ้าใหญ่	วัดหนองม่วงปราราม	วัดห้วยหนอง	วัดประชานิมิตร	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
7.มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ป้ายบอกทางไปห้องน้ำ ป้ายบอกจุดบริการ	3.82	1.74	2.03	3.00	2.14	2.55	0.30	น้อย
8.มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน	3.82	1.38	2.00	2.85	1.83	2.38	0.30	น้อย
9.ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์	3.82	1.67	2.00	2.73	2.15	2.47	0.29	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม						**2.88**	**0.28**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทศาสนสถาน โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.88, SD = 0.28) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน ($\overline{X}$ = 3.64, SD = 0.30) มีผลประเมินระดับมาก รองลงมา คือ หัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ได้แก่ ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสม ฯ ($\overline{X}$ = 3.35, SD = 0.27) มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 3.16, SD = 0.32) มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 3.08, SD = 0.22) และสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 2.90, SD = 0.29) และหัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย ได้แก่ มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก ฯ ($\overline{X}$ = 2.55, SD = 0.30) ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์ ($\overline{X}$ = 2.47, SD = 0.29) สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย ฯ ($\overline{X}$ = 2.41, SD = 0.26) และอันดับสุดท้าย คือ มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ($\overline{X}$ = 2.38, SD = 0.30)

ตารางที่ 4 ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทสถานที่ราชการ และประเภทโรงพยาบาล

n=300

ประเด็นคำถาม	สถานที่ราชการ			โรงพยาบาล		
	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
1.สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน	3.87	0.78	มาก	3.76	1.07	มาก
2.มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ โดยเฉพาะในบริเวณที่ใช้บริการ	3.17	0.93	ปานกลาง	3.46	0.98	มาก

ประเด็นคำถาม	สถานที่ราชการ			โรงพยาบาล		
	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
3.ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสมต่อการเดินของผู้สูงอายุและผู้ที่ใช้รถวีลแชร์	3.45	0.80	มาก	3.89	0.74	มาก
4.มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการอยู่ใกล้สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งาน และมีป้ายที่จอดรถบอกชัดเจน	3.04	0.98	ปานกลาง	3.41	0.94	มาก
5.สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ เช่น ทางลาด ราวจับ เป็นต้น	3.28	0.84	ปานกลาง	3.64	0.86	มาก
6.สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย เช่น มีป้ายทางหนีไฟ มีกล้องCCTV เป็นต้น	3.07	0.89	ปานกลาง	3.53	0.91	มาก
7.มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ป้ายบอกทางไปห้องน้ำ ป้ายบอกจุดบริการ	2.73	1.20	ปานกลาง	3.85	0.78	มาก
8.มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน	2.46	1.24	น้อย	3.78	0.97	มาก
9.ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์	2.62	1.22	ปานกลาง	3.84	0.90	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**3.07**	**0.99**	**ปานกลาง**	**3.69**	**0.90**	**มาก**

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทสถานที่ราชการ โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.07, SD = 0.99) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน ($\overline{X}$ = 3.87, SD = 0.78) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก รองลงมา คือ ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสม ฯ ($\overline{X}$ = 3.45, SD = 0.80) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก รองลงมา คือ หัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ได้แก่ สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับและสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 3.28, SD = 0.84) มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 3.17, SD = 0.93) สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย ฯ ($\overline{X}$ = 3.07, SD = 0.89) มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 3.04, SD = 0.98) มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก ฯ ($\overline{X}$ = 2.73, SD = 1.20) และผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์ ($\overline{X}$ = 2.62, SD = 1.22) และอันดับสุดท้าย คือ มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ($\overline{X}$ = 2.46, SD = 1.24) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย

ส่วนผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทโรงพยาบาล โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานมาก ($\overline{X}$ = 3.69, SD = 0.90) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสม ฯ ($\overline{X}$ = 3.89, SD = 0.74) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก รองลงมา คือ หัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก ได้แก่ มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก ฯ ($\overline{X}$ = 3.85, SD = 0.78) ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์ ($\overline{X}$ = 3.84, SD = 0.90) มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ($\overline{X}$ = 3.78, SD = 0.97) สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน ($\overline{X}$ = 3.76, SD = 1.07) สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 3.64, SD = 0.86) สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย ฯ ($\overline{X}$ = 3.53, SD = 0.91) มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 3.46, SD = 0.98) และอันดับสุดท้าย คือ มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 3.41, SD = 0.94) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก

ตารางที่ 5 ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทตลาด

n=300

ประเด็นคำถาม	ตลาดสดเทศบาล 1 และ ตลาดสดเทศบาล2	ตลาดบัวขาว	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
1.สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน	2.03	2.45	2.24	0.14	น้อย
2.มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ โดยเฉพาะในบริเวณที่ใช้บริการ	1.33	2.13	1.73	0.39	น้อยที่สุด
3.ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสมต่อการเดินของผู้สูงอายุและผู้ที่ใช้รถวีลแชร์	1.55	2.12	1.83	0.25	น้อยที่สุด
4.มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ อยู่ใกล้สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งาน และมีป้ายที่จอดรถบอกชัดเจน	1.28	2.06	1.67	0.40	น้อยที่สุด
5.สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ เช่น ทางลาด ราวจับ เป็นต้น	1.34	2.06	1.70	0.37	น้อยที่สุด
6.สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย เช่น มีป้ายทางหนีไฟ มีกล้องCCTV เป็นต้น	1.38	2.08	1.73	0.36	น้อยที่สุด
7.มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ป้ายบอกทางไปห้องน้ำ ป้ายบอกจุดบริการ	1.44	2.11	1.78	0.29	น้อยที่สุด
8.มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน	1.32	2.06	1.69	0.39	น้อยที่สุด

ประเด็นคำถาม	ตลาดสดเทศบาล 1 และ ตลาดสดเทศบาล2	ตลาดบัวขาว	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
9.ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์	1.36	2.05	1.71	0.33	น้อยที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม			**1.79**	**0.32**	**น้อยที่สุด**

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทตลาด โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อยที่สุด ($\overline{X}$ = 1.79, SD = 0.32) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน ($\overline{X}$ = 2.24, SD = 0.14) มีผลประเมินระดับน้อย รองลงมา คือ หัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อยที่สุด ได้แก่ ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสม ฯ ($\overline{X}$ = 1.83, SD = 0.25) มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก ฯ ($\overline{X}$ = 1.78, SD = 0.29) มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 1.73, SD = 0.39) สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย ฯ ($\overline{X}$ = 1.73, SD = 0.36) ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์ ($\overline{X}$ = 1.71, SD = 0.33) สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 1.70, SD = 0.37) มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ($\overline{X}$ = 1.69, SD = 0.39) และอันดับสุดท้าย คือ มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 1.67, SD = 0.40) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 5 ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทสวนสาธารณะ

n=300

ประเด็นคำถาม	ปึงบัวใหญ่	อ่างประปาบัวใหญ่	สระใหญ่	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
1.สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็นและไม่มีเสียงดังรบกวน	4.63	4.00	3.45	4.02	0.52	มาก
2.มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการโดยเฉพาะในบริเวณที่ใช้บริการ	3.58	3.50	3.24	3.44	0.06	ปานกลาง
3.ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสมต่อการเดินของผู้สูงอายุและผู้ที่ใช้รถวีลแชร์	3.69	3.75	3.33	3.59	0.29	มาก
4.มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ อยู่ใกล้สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งาน และมีป้ายที่จอดรถบอกชัดเจน	3.17	3.50	2.77	3.14	0.13	ปานกลาง
5.สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ เช่น ทางลาด ราวจับ เป็นต้น	2.92	3.30	3.07	3.10	0.27	ปานกลาง
6.สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย เช่น มีป้ายทางหนีไฟ มีกล้องCCTV เป็นต้น	2.31	2.00	2.49	2.27	0.67	น้อย

ประเด็นคำถาม	บึงบัวใหญ่	อ่างประปาบัวใหญ่	สระใหญ่	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
7.มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ป้ายบอกทางไปห้องน้ำ ป้ายบอกจุดบริการ	2.19	2.75	3.44	2.79	0.37	ปานกลาง
8.มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน	2.17	2.75	3.83	2.91	0.33	ปานกลาง
9.ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์	2.21	3.00	3.83	3.01	0.61	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม				**3.14**	**0.36**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ ประเภทสวนสาธารณะ โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.14, SD = 0.36) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน ($\overline{X}$ = 4.02, SD = 0.52) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก รองลงมา คือ ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสม ฯ ($\overline{X}$ = 3.59, SD = 0.29) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก รองลงมา คือ หัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ได้แก่ มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 3.44, SD = 0.10) มีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 3.14, SD = 0.13)) สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 3.10, SD = 0.27) ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์ ($\overline{X}$ = 3.01, SD = 0.61) มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ($\overline{X}$ = 2.91, SD = 0.33) มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก ฯ ($\overline{X}$ = 2.79, SD = 0.37) และอันดับสุดท้าย คือ สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย ฯ ($\overline{X}$ = 2.27, SD = 0.67) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย

2) ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ ด้านระบบการคมนาคม

ตารางที่ 6 ผลการประเมินเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุด้านระบบการคมนาคม

n=300

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
1.มียานพาหนะที่ให้บริการที่มีความสะอาด มีสภาพที่ดี และมีการออกแบบหรือจัดทำสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ	1.23	0.69	น้อยที่สุด
2.มีจุดจอดรถรับ–ส่งของขนส่งสาธารณะที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย มีความสะอาด ปลอดภัย มีความสะดวกต่อการก้าวขึ้น–ลงรถ มีป้ายบอกชัดเจน และมีที่นั่งพักรอเฉพาะสำหรับผู้สูงอายุและ คนพิการ	1.50	0.84	น้อยที่สุด
3.การบริการขนส่งสาธารณะมีความครอบคลุมในทุกพื้นที่เทศบาลบัวใหญ่และมีจำนวนที่เพียงพอ	1.83	1.00	น้อย

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
4.เส้นทางจราจรมีสภาพดีไม่ขรุขระ ไม่มีสิ่งกีดขวาง มีแสงสว่างเพียงพอ มีป้ายบอกเส้นทาง และไฟสัญญาณจราจรที่เห็นชัดเจน	3.02	0.92	ปานกลาง
5.เส้นทางจราจรมีการดูแลบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา	2.98	0.93	ปานกลาง
6.พนักงานขับรถมีการบริการที่สุภาพ รักษากฎจราจร ดูแลและอำนวยความสะดวกแก่ผู้สูงอายุในการใช้บริการ	2.41	1.26	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม	**2.16**	**0.94**	**น้อย**

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ ด้านระบบการคมนาคม โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย ($\overline{X}$ = 2.16,SD = 0.94) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า หัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ได้แก่ เส้นทางจราจรมีสภาพดีไม่ขรุขระ ไม่มีสิ่งกีดขวาง มีแสงสว่างเพียงพอ มีป้ายบอกเส้นทาง และไฟสัญญาณจราจรที่เห็นชัดเจน ($\overline{X}$ = 3.02,SD = 0.92) และเส้นทางจราจรมีการดูแลบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา ($\overline{X}$ = 2.98,SD = 0.93) ส่วนหัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย ได้แก่ พนักงานขับรถมีการบริการที่สุภาพ รักษากฎจราจร ดูแลและอำนวยความสะดวกแก่ผู้สูงอายุในการใช้บริการ ($\overline{X}$ = 2.41,SD = 1.26) และการบริการขนส่งสาธารณะมีความครอบคลุมในทุกพื้นที่เทศบาลบัวใหญ่ และมีจำนวนที่เพียงพอ ($\overline{X}$ = 1.83,SD = 1.00) และหัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อยที่สุด ได้แก่ มีจุดจอดรถรับ-ส่งของขนส่งสาธารณะที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย มีความสะอาด ปลอดภัย มีความสะดวกต่อการก้าวขึ้น-ลงรถ มีป้ายบอกชัดเจน และมีที่นั่งพักรอเฉพาะสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 1.50,SD = 0.84) และมียานพาหนะที่ให้บริการที่มีความสะอาด มีสภาพที่ดี และมีการออกแบบหรือจัดทำสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 1.23,SD = 0.69)

3) ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ ด้านที่อยู่อาศัย

ตารางที่ 7 ผลการประเมินเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุด้านที่อยู่อาศัย

n=300

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
1.บ้านที่อยู่อาศัยมีความมั่นคงปลอดภัย มีสภาพแวดล้อมและ สิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ	3.50	0.97	มาก
2.ในชุมชนมีบ้านเช่าที่มีความสะอาด ปลอดภัย และมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ (โปรดตอบกรณีชุมชนมีบ้านเช่า)	2.88	1.07	ปานกลาง
3.ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัย เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าผ่อนบ้าน หรือค่าเช่าบ้านกรณีที่เช่าบ้านอยู่ ซึ่งต่อเดือนสามารถจ่ายได้ไม่เดือดร้อน	2.92	0.99	ปานกลาง
4.บริเวณรอบบ้านที่อยู่อาศัยมีความสะอาด และมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ	3.21	1.01	ปานกลาง
5.มีการตรวจประเมินสภาพที่พักอาศัยของผู้สูงอายุและคนพิการในชุมชนเพื่อการปรับปรุงบ้านให้มีความเหมาะสมและปลอดภัยต่อการใช้ชีวิต	3.35	0.97	ปานกลาง

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ผลประเมิน
6.ชุมชนที่อยู่อาศัยมีสภาพแวดล้อมเอื้อต่อการเดินทางของผู้สูงอายุด้วยการเดินหรือใช้รถวีลแชร์ไปยังสถานที่หรือพื้นที่สาธารณะในชุมชน	3.22	0.99	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	**3.18**	**1.00**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 7 พบว่า ผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ ด้านที่อยู่อาศัย โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.18, SD = 1.00) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า บ้านที่อยู่อาศัยมีความมั่นคงปลอดภัย มีสภาพแวดล้อมและ สิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ มีผลประเมินระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.50, SD = 0.97) ส่วนหัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ได้แก่ มีการตรวจประเมินสภาพที่พักอาศัยของผู้สูงอายุและคนพิการในชุมชน เพื่อการปรับปรุงบ้านให้มีความเหมาะสมและปลอดภัยต่อการใช้ชีวิต ($\overline{X}$ = 3.35, SD = 0.97) ชุมชนที่อยู่อาศัยมีสภาพแวดล้อมเอื้อต่อการเดินทางของผู้สูงอายุด้วยการเดินหรือใช้รถวีลแชร์ไปยังสถานที่หรือพื้นที่สาธารณะในชุมชน ($\overline{X}$ = 3.22, SD = 0.99) บริเวณรอบบ้านที่อยู่อาศัยมีความสะอาด และมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 3.21, SD = 1.01) ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัย เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าผ่อนบ้าน หรือค่าเช่าบ้านกรณีที่เช่าบ้านอยู่ ซึ่งต่อเดือนสามารถจ่ายได้ไม่เดือดร้อน ($\overline{X}$ = 2.92, SD = 0.99) และในชุมชนมีบ้านเช่าที่มีความสะอาด ปลอดภัย และมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 2.88, SD = 1.07)

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 65-69 ปี สถานภาพสมรส จบการศึกษาระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา ประกอบอาชีพค้าขาย ด้านรายได้ครัวเรือนต่อเดือนของผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 50,001 บาทขึ้นไป และส่วนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยต่อเดือนส่วนใหญ่ไม่เกิน 30% ของรายได้ จึงถือว่าครอบครัวผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีภาระรายจ่ายเกี่ยวกับที่อยู่อาศัยไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นไปตามตัวชี้วัดหลักของเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ (กรมอนามัย, 2564) ส่วนความถี่ในการไปใช้งานอาคารและพื้นที่สาธารณะที่แบ่งตามประเภทของสถานที่ พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความถี่ในการใช้งานอาคารประเภทตลาดมากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน ประเภทสวนสาธารณะ มีความถี่การใช้งาน 3-4 ครั้งต่อเดือน ประเภทศาสนสถาน มีความถี่การใช้งาน 1-2 ครั้งต่อเดือน และประเภทโรงพยาบาลและประเภทสถานที่ราชการ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน

ส่วนผลการประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ผลประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพตามองค์ประกอบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ โดยภาพรวม ผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.75, SD = 0.93) และสามารถอธิบายเป็นรายด้านได้ดังนี้

1. ด้านอาคารและพื้นที่สาธารณะ พบว่า มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.91, SD = 0.68) และเมื่อพิจารณาตามประเภทของสถานที่เรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้

ประเภทอาคารโรงพยาบาล ($\overline{X}$ = 3.69, SD = 0.90) มีผลประเมินโดยภาพรวมอยู่ที่ระดับมาก โดยรายข้อทุกข้อมีผลประเมินอยู่ที่ระดับมาก ประเภทพื้นที่สวนสาธารณะ ($\overline{X}$ = 3.15, SD = 0.83) มีผลประเมินโดยภาพรวมอยู่ที่ระดับปานกลาง มีข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย เช่น มีป้ายทางหนีไฟ มีกล้อง CCTV เป็นต้น ($\overline{X}$ = 2.27, SD = 0.67) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย ประเภทอาคารสถานที่ราชการ ($\overline{X}$ = 3.07, SD = 0.99)

มีผลประเมินโดยภาพรวมอยู่ที่ระดับปานกลาง มีข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ($\overline{X}$ = 2.46, SD = 1.24) มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย ประเภทศาสนสถาน ($\overline{X}$ = 2.88, SD = 0.28) ผลประเมินโดยภาพรวมอยู่ที่ระดับปานกลาง มีรายข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย ได้แก่ มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ป้ายบอกทางไปห้องน้ำ ป้ายบอกจุดบริการ ($\overline{X}$ = 2.55, SD = 0.30) ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์ ($\overline{X}$ = 2.47, SD = 0.29) สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย เช่น มีป้ายทางหนีไฟ มีกล้อง CCTV เป็นต้น ($\overline{X}$ = 2.41, SD = 0.26) และมีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ($\overline{X}$ = 2.38, SD = 0.30) และประเภทตลาด ($\overline{X}$ = 1.79, SD = 0.32) มีผลประเมินโดยภาพรวมอยู่ที่ระดับน้อยที่สุด โดยมีข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย คือ สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีความสะอาด ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่มีเสียงดังรบกวน ($\overline{X}$ = 2.24, SD = 0.14) และหัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อยที่สุด ได้แก่ ทางเดินมีความกว้าง/พื้นผิวทางเดิน/ความสูงทางเดินเหมาะสมต่อการเดินของผู้สูงอายุและผู้ที่ใช้รถวีลแชร์ ($\overline{X}$ = 1.83, SD = 0.25) มีป้ายแสดงสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ป้ายบอกทางไปห้องน้ำ ป้ายบอกจุดบริการ ($\overline{X}$ = 1.78, SD = 0.29) มีที่นั่งพักหรือเก้าอี้นั่งพักสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ โดยเฉพาะในบริเวณที่ใช้บริการ ($\overline{X}$ = 1.73, SD = 0.39) สภาพแวดล้อมมีความปลอดภัย เช่น มีป้ายทางหนีไฟ มีกล้อง CCTV เป็นต้น ($\overline{X}$ = 1.73, SD = 0.36) ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงสถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานได้ด้วยการเดินเท้าและรถวีลแชร์ ($\overline{X}$ = 1.71, SD = 0.33) สถานที่/พื้นที่ที่ไปใช้งานมีการออกแบบที่รองรับ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานของผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 1.70, SD = 0.37) มีห้องน้ำที่ออกแบบสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ($\overline{X}$ = 1.69, SD = 0.39) และมีที่จอดรถสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ฯ ($\overline{X}$ = 1.67, SD = 0.40) สอดคล้องกับการศึกษาของนลินดา สุวรรณประสพ (2561) ที่อธิบายว่า บริเวณตลาดรังสิตมีองค์ประกอบที่สนับสนุนเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในด้านกายภาพน้อยที่สุด

2. ด้านระบบการคมนาคม พบว่า มีผลประเมินโดยภาพรวมอยู่ที่ระดับน้อย ($\overline{X}$ = 2.16, SD = 0.94) โดยหัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อย ได้แก่ พนักงานขับรถมีการบริการที่สุภาพ รักษากฎจราจร ดูแลและอำนวยความสะดวกแก่ผู้สูงอายุในการใช้บริการ ($\overline{X}$ = 2.41, SD = 1.26) การบริการขนส่งสาธารณะมีความครอบคลุมในทุกพื้นที่เทศบาลบัวใหญ่ และมีจำนวนที่เพียงพอ ($\overline{X}$ = 1.83, SD = 1.00) และหัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับน้อยที่สุด ได้แก่ มีจุดจอดรถรับ-ส่งของขนส่งสาธารณะที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย มีความสะอาด ปลอดภัย มีความสะดวกต่อการก้าวขึ้น-ลงรถ มีป้ายบอกชัดเจน และมีที่นั่งพักรอเฉพาะสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 1.50, SD = 0.84) และมียานพาหนะที่ให้บริการที่มีความสะอาด มีสภาพที่ดี และมีการออกแบบหรือจัดทำสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 1.23, SD = 0.69) สอดคล้องกับการศึกษาของนาฏสินี ชัยแก้ว และมยุรี บุญทัด (2567) อธิบายถึงสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสู่เมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในเขตสุขภาพที่ 3 ว่าชุมชนมีความสามารถในการจัดการสภาพแวดล้อมเพื่อการพัฒนาสู่เมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุด้านการเดินทาง มีระดับน้อย

3. ด้านที่อยู่อาศัย พบว่า มีผลประเมินโดยภาพรวมอยู่ที่ระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.18) โดยหัวข้อบ้านที่อยู่อาศัยมีความมั่นคงปลอดภัย มีสภาพแวดล้อมและ สิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ มีผลประเมินระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.50) ซึ่งสอดคล้องกับภาวิณี เอี่ยมตระกูล และสรารัตน์ ฉายพงษ์ (2565) ได้อธิบายถึงผลการศึกษาว่ากลุ่มครอบครัวที่มีรายได้สูงจะมีการติดตั้งสิ่งอำนวยความสะดวกอย่างดีภายในที่อยู่อาศัย แต่ในกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและรายได้ปานกลางจะไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่เอื้อต่อการอยู่อาศัย ส่วนหัวข้อที่มีผลประเมินอยู่ที่ระดับปานกลาง ได้แก่ มีการตรวจประเมินสภาพที่พักอาศัยของผู้สูงอายุและคนพิการในชุมชน เพื่อการปรับปรุงบ้านให้มีความเหมาะสมและปลอดภัยต่อการใช้ชีวิต ($\overline{X}$ = 3.35, SD = 0.97) ชุมชนที่อยู่อาศัยมีสภาพแวดล้อมเอื้อต่อการเดินทางของผู้สูงอายุด้วยการเดินหรือใช้รถวีลแชร์ไปยังสถานที่หรือพื้นที่สาธารณะในชุมชน ($\overline{X}$ = 3.22, SD = 0.99)

บริเวณรอบบ้านที่อยู่อาศัยมีความสะอาด และมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 3.21, SD = 1.01) ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัย เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าผ่อนบ้าน หรือค่าเช่าบ้านกรณีที่เช่าบ้านอยู่ ซึ่งต่อเดือนสามารถจ่ายได้ไม่เดือดร้อน ($\overline{X}$ = 2.92, SD = 0.99) และในชุมชนมีบ้านเช่าที่มีความสะอาด ปลอดภัย และมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและคนพิการ ($\overline{X}$ = 2.88, SD = 1.07)

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะในเชิงนโยบาย

1) องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นควรส่งเสริมและพัฒนาอาคารและพื้นที่สาธารณะที่อยู่ในความรับผิดชอบทั้งสวนสาธารณะ สถานที่ราชการ ตลาด รวมถึงส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาพื้นที่ของศาสนสถานในชุมชน เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับสังคมผู้สูงอายุ และเพื่อให้ผู้สูงอายุในชุมชนสามารถเข้าถึงและใช้งานอาคารและพื้นที่สาธารณะในชุมชนได้อย่างเหมาะสม และปลอดภัย

2) องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นควรส่งเสริมให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาสภาพแวดล้อมของชุมชน ที่อยู่อาศัยของตนเอง และในกลุ่มอาคารที่อยู่อาศัยที่ให้บริการเช่า รวมถึงควรส่งเสริมและพัฒนาความร่วมมือกับชุมชนในการตรวจประเมินสภาพที่พักอาศัยของผู้สูงอายุและคนพิการในชุมชน เพื่อการปรับปรุงบ้านให้ครอบคลุมพื้นที่ชุมชนให้มากขึ้น เพื่อให้ผู้สูงอายุในชุมชนสามารถใช้ดำเนินชีวิตได้อย่างสะดวกสบายและปลอดภัย

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยคครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาประเมินเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในด้านสภาพแวดล้อมทางสังคมเพื่อให้มีการศึกษาครบในทุกองค์ประกอบของแนวคิดเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ

2) ควรมีการศึกษาเพิ่มในกลุ่มตัวอย่างคนพิการเพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มคนทุกคน ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษาถึงแนวทางการพัฒนาเมืองที่เป็นมิตรต่อคนทุกคน

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิจัยเรื่อง แนวทางการพัฒนาพื้นที่ชุมชนสู่การเป็นเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพในพื้นที่เทศบาลเมืองบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปีงบประมาณ 2568

เอกสารอ้างอิง

กรมกิจการผู้สูงอายุ, (2563). **มาตรการขับเคลื่อนสังคมสูงวัยคนไทยอายุยืน 4 มิติ (เศรษฐกิจ สภาพแวดล้อม สุขภาพ และสังคม).** ค้นจาก https://www.dop.go.th/download/news/th1586520314 -1936_0.pdf

กรมอนามัย. (2564). **การประเมินความเป็นมิตรต่อผู้สูงอายุของเมืองข้อเสนอแนะนำในการใช้ตัวชี้วัดหลัก. กระทรวงสาธารณสุข.** ค้นจาก https://eh.anamai.moph.go.th/th/elderly-manual/201793

เทศบาลเมืองบัวใหญ่. (2566). **แผนพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ. 2566-2570) เทศบาลเมืองบัวใหญ่ อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา.** ค้นจาก https://www.buayaicity.go.th/Pages/plan_pdl_detail/4

นลินดา สุวรรณประสพ. (2561). **แนวทางการพัฒนาพื้นที่เมืองให้เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุด้านกายภาพ และสภาพแวดล้อม : กรณีศึกษาเทศบาลนครรังสิต.** กรุงเทพฯ: สาขาการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นาฏสินี ชัยแก้ว และมยุรี บุญทัด. (2567). การพัฒนารูปแบบเมืองที่เป็นมิตรต่อผู้สูงอายุในเขตสุขภาพที่ 3. **วารสารศูนย์อนามัยที่ 9, 18**(1), 366-379.

ภาวิณี เอี่ยมตระกูล และสรารัตน์ ฉายพงษ์. (2565). การศึกษาระบบนิเวศเมืองสำหรับสังคมผู้สูงอายุผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม. **วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 14**(28), 121-136.

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. (2565). สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2564. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

PWC Japan group. (2016). **From urbanization to aging society–Lessons from Japan.** ค้นจาก https://www.pwc.com/jp/en/japan-knowledge/archive/assets/pdf/from-urbanization-to-aging-society.pdf

Taro Yamane. (1973). **Statistics: An Introductory Analysis**. (3rd Ed). New York: Harper and Row Publications.

ความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็ก ในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

Value-added tax knowledge and understanding among small entrepreneurs in Nong Prue Subdistrict, Bang Lamung District, Chonburi Province

ปัทมพร ม่วงมั่งมี[1] สุปรียา นิสัยดี[1] วนิดา ชุติมากุล[1*] สุรินทร์ พรหมนุรักษ์กิจ[1] และ บรรจงรัตน์ พรหมสุวรรณศิริ[1]

Pattamaporn Muangmangmee[1], Supreeya Nisaidee[1], Wanida Chutimagul[1*], Surin Promnurakkij and Bunjongrat Phomsuwansiri[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความรู้และความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็ก 2) วิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มตามรูปแบบธุรกิจ และ 3) ศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็กในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี กลุ่มตัวอย่างคือผู้ประกอบการขนาดเล็กที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม จำนวน 109 ราย ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานโดยใช้สถิติ t-test

ผลการวิจัยพบว่า ระดับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างดี โดยด้านการคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษีมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม ขณะที่ด้านกิจการที่ได้รับยกเว้นภาษี ด้านผู้มีหน้าที่จดทะเบียนและผู้มีหน้าที่เสียภาษี และด้านหลักเกณฑ์ใบกำกับภาษีและรายงานภาษีซื้อ-ขาย ยังมีสัดส่วนคำตอบผิดและไม่แน่ใจสูง

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า เมื่อวิเคราะห์ระดับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มโดยแยกตามรูปแบบธุรกิจของผู้ประกอบการนิติบุคคลและบุคคลธรรมดาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สะท้อนว่าผู้ประกอบการขนาดเล็กมีความรู้ภาษีมูลค่าเพิ่มในระดับพื้นฐาน แต่ควรพัฒนาเพิ่มเติมในประเด็นกิจการที่ได้รับยกเว้น ผู้มีหน้าที่จดทะเบียน และการจัดทำเอกสารภาษีมูลค่าเพิ่มให้ถูกต้องครบถ้วน

คำสำคัญ: ภาษีมูลค่าเพิ่ม, ผู้ประกอบการขนาดเล็ก, ความรู้ความเข้าใจ, รูปแบบธุรกิจ

[1] สาขาวิชาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก กรุงเทพฯ 10400

[1] Accountancy Department, Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok Bangkok 10400

*Corresponding author: wanida_ch@rmutto.ac.th

Abstract

This research aimed to 1) study the level of knowledge and understanding of VAT among small entrepreneurs; 2) Analyze knowledge and understanding of VAT by business model; and 3) examine the problems and obstacles facing VAT payment among small entrepreneurs in Nong Prue Subdistrict, Bang Lamung District, Chonburi Province. The sample consisted of 109 small entrepreneurs registered for VAT. A simple random sampling technique was used. The research instrument was a questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, and inferential statistics using a t-test.

The results revealed that overall VAT knowledge and understanding was moderate to fairly good. The highest mean scores were found for tax calculation, tax filing, and payment, followed by the criteria for VAT liability. Meanwhile, the categories of tax-exempt businesses, registrants and taxpayers, and tax invoice and purchase-sale tax reporting had high rates of incorrect and uncertain answers.

The results of the hypothesis testing found that when analyzing the level of knowledge and understanding of VAT separated by business model of juristic person and individual entrepreneurs, there was no statistically significant difference at the .05 level, reflecting that small entrepreneurs have basic knowledge of VAT but should develop further in the areas of exempted businesses, those responsible for registration, and the preparation of correct and complete VAT documents.

Keywords: Value Added Tax (VAT), Small enterprise, Knowledge and understanding, Business type

บทนำ

ภาษีมูลค่าเพิ่ม (Value Added Tax: VAT) เป็นภาษีทางอ้อมที่ถือเป็นหนึ่งในกลไกหลักของการจัดเก็บรายได้ของรัฐในหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย โดยจะจัดเก็บจากการขายสินค้าและการให้บริการในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตและจำหน่าย ทั้งกับสินค้าที่ผลิตภายในประเทศและสินค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งผู้ประกอบการที่มีหน้าที่เสียภาษีนี้ ได้แก่ ผู้ดำเนินธุรกิจขายสินค้า ผลิตสินค้า หรือให้บริการในลักษณะที่เป็นธุรกิจหรือวิชาชีพ ทั้งในรูปบุคคลธรรมดา คณะบุคคล ห้างหุ้นส่วนสามัญ และนิติบุคคลต่าง ๆ ตามข้อกำหนดในกฎหมายไทย อย่างไรก็ดี ตัวเลขเกณฑ์รายรับ 1.8 ล้านบาทต่อปีที่ผู้ประกอบการต้องยื่นขอจดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่มถือว่าเป็นจุดตัดที่มีนัยสำคัญต่อนโยบายการจัดเก็บภาษี (Muthitacharoen et al., 2021)

ในประเทศไทยกลุ่มผู้ประกอบการขนาดเล็กถือเป็นกลุ่มที่มีบทบาทอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจและการสร้างงาน โดยจากงานวิจัยล่าสุดพบว่า ผู้ประกอบการขนาดเล็กมีจำนวนหลายล้านแห่ง คิดเป็นสัดส่วนที่เกือบครบของสถานประกอบการทั้งหมด ซึ่งสะท้อนว่า ผู้ประกอบการรายย่อยหรือ “Micro/Small” มีบทบาทเป็นแรงขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากอย่างมีนัยสำคัญ (ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและธุรกิจ ธนาคารไทยพาณิชย์, 2567)

แม้โครงสร้างของระบบ VAT จะออกแบบมาให้มีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ และสอดคล้องกับมาตรฐานสากล แต่ผู้ประกอบการหลายรายยังประสบปัญหาในด้านความรู้และความเข้าใจ อาทิ ขั้นตอนการคำนวณ การจัดทำเอกสารภาษี การออกใบกำกับภาษี และการยื่นแบบผ่านระบบออนไลน์ของกรมสรรพากร ซึ่งถูกวิจัยพบว่ามีช่องว่างทั้งด้านความรู้และทักษะ ที่อาจนำไปสู่การถูกปฏิเสธเอกสารถูกหักภาษีซื้อไม่ได้ หรือกระทบต่อกระแสเงิน

สดขององค์กร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องนำส่งภาษีก่อนที่ลูกค้าจะชำระเงิน (ปริณดา ใบแก้ว และ ธำรงศักดิ์ เศวตเลข, 2568)

สำหรับพื้นที่ตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ประกอบการขนาดเล็กที่มีบทบาทต่อเศรษฐกิจท้องถิ่น พบว่ามีสภาพความรู้ด้านภาษีมูลค่าเพิ่มที่ไม่เต็มที่ ประกอบด้วยปัญหาเรื่องการจดทะเบียนภาษี การยื่นแบบออนไลน์ วิธีการจัดทำใบกำกับภาษี และการจัดเก็บเอกสารอย่างถูกต้องตามกฎหมาย ซึ่งอาจเป็นผลจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความกลัวในการทำผิดพลาด ความขาดแคลนแหล่งข้อมูลที่เข้าถึงง่าย หรือประสบการณ์ด้านภาษีที่จำกัด

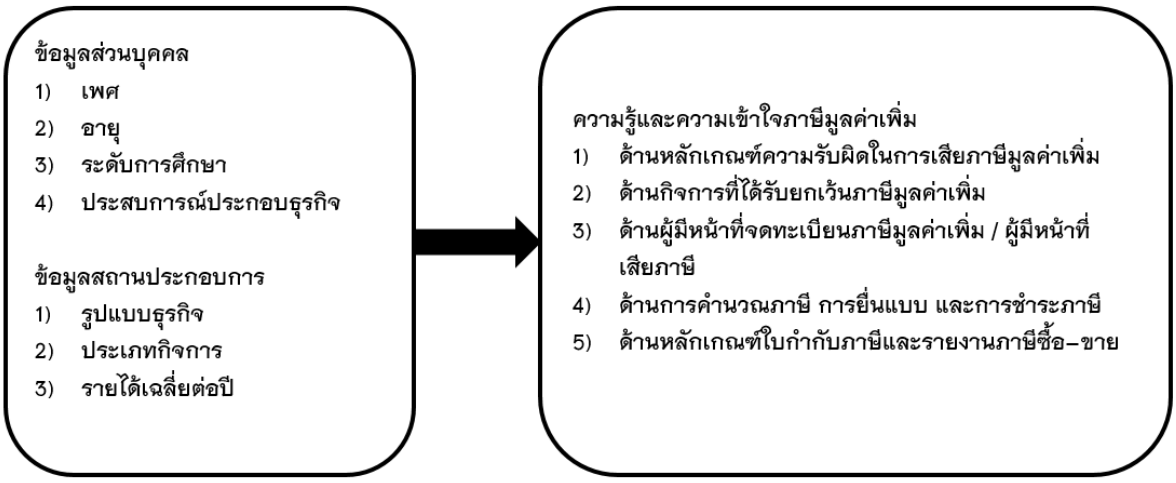
ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาระดับความรู้และความเข้าใจด้านภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็กในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ผลการศึกษาเป็นแนวทางในการออกแบบการพัฒนาองค์ความรู้ การให้คำปรึกษา/การอบรมแก่ผู้ประกอบการ ตลอดจนสนับสนุนหน่วยงานภาครัฐและองค์กรท้องถิ่นในการวางแผนนโยบายส่งเสริมความพร้อมของผู้ประกอบการให้สามารถปฏิบัติตามระบบภาษีได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็กในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี
2. เพื่อเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็กในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำแนกตามรูปแบบธุรกิจ
3. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็กในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

กรอบแนวคิดและสมมติฐาน

ในการศึกษาระดับความรู้และความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็ก ในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี สามารถกำหนดกรอบแนวคิดงานวิจัยได้ดังนี้



จากกรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้ กำหนดให้

ตัวแปรอิสระ คือ ลักษณะส่วนบุคคล (เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ประกอบธุรกิจ) และ ลักษณะสถานประกอบการ (รูปแบบธุรกิจ ประเภทกิจการ และรายได้เฉลี่ยต่อปี) ของผู้ประกอบการขนาดเล็กในตำบลหนองปรือ

ตัวแปรตาม คือ ความรู้และความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่ม แยกเป็น 5 ด้าน ได้แก่

1. หลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม
2. กิจการที่ได้รับยกเว้นภาษีมูลค่าเพิ่ม
3. ผู้มีหน้าที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม / ผู้มีหน้าที่เสียภาษี
4. การคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษี
5. หลักเกณฑ์ใบกำกับภาษีและรายงานภาษีซื้อ-ขาย

โดยผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานการวิจัย ดังนี้ ผู้ประกอบการจดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่มที่มีรูปแบบธุรกิจแตกต่างกัน มีความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่ม แตกต่างกัน

วิธีวิทยาการวิจัย

ประเภทและรูปแบบการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) ที่มุ่งศึกษาระดับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็ก ตลอดจนเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจดังกล่าวจำแนกตามรูปแบบธุรกิจ และศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็กในพื้นที่ตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์และตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัยอย่างครบถ้วน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างของการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้ประกอบการในเขตตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี โดยกำหนดกลุ่มประชากรเป้าหมายเป็นผู้ประกอบการขนาดเล็กที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ที่สามารถติดต่อและยินยอมเข้าร่วมศึกษาทั้งสิ้น 109 ราย และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) จากฐานข้อมูลผู้ประกอบการในพื้นที่ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นตัวแทนของประชากรเป้าหมายอย่างเหมาะสม และลดอคติในการคัดเลือกตัวอย่างให้ได้มากที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็ก ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามและข้อมูลสถานประกอบการ

เป็นคำถามปลายปิดเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคลและลักษณะธุรกิจของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ประกอบธุรกิจ รูปแบบธุรกิจ ประเภทกิจการ และรายได้เฉลี่ยต่อปีของกิจการ ข้อมูลในส่วนนี้ใช้เพื่ออธิบายลักษณะประชากรตัวอย่างและประกอบการวิเคราะห์เปรียบเทียบตามปัจจัยพื้นฐานต่าง ๆ

ส่วนที่ 2 แบบวัดความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการ

เป็นคำถามปลายปิดแบบเลือกตอบ (ถูก/ผิด/ไม่แน่ใจ) จัดทำขึ้นเพื่อวัดระดับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการใน 5 ด้านสำคัญ คือ

1) ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม

2) ด้านกิจการที่ได้รับยกเว้นภาษีมูลค่าเพิ่ม

3) ด้านผู้มีหน้าที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม / ผู้มีหน้าที่เสียภาษี

4) ด้านการคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษี

5) ด้านหลักเกณฑ์ใบกำกับภาษีและรายงานภาษีซื้อ-ขาย

โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ตอบ “ถูก” ให้ 1 คะแนน

ตอบ “ผิด” หรือ “ไม่แน่ใจ” ให้ 0 คะแนน

จากนั้นนำคะแนนในแต่ละข้อมารวมกันเป็นคะแนนรายด้าน และคะแนนรวมทั้งฉบับ เป็นร้อยละของคำตอบที่ถูกต้อง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงพรรณนาและเปรียบเทียบตามรูปแบบธุรกิจ

แบบสอบถามส่วนนี้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาบัญชีและภาษีอากร จำนวน 3 ท่าน ซึ่งให้คะแนนความสอดคล้องของแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา และได้ดัชนี Item-Objective Congruence (IOC) เท่ากับ 0.80 แสดงว่าแบบสอบถามมีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับดี ตามเกณฑ์ที่แนะนำสำหรับการประเมินความตรงของเครื่องมือวัด (IOC ≥ 0.50 ถือว่าเริ่มยอมรับได้) และปรับปรุงถ้อยคำให้มีความชัดเจนเหมาะสมก่อนนำไปทดลองใช้ (try-out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน จากนั้นจึงนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริงกับผู้ประกอบการขนาดเล็กในพื้นที่ตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี และได้ทำการวัดความเชื่อถือภายใน (internal consistency) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach's Alpha พบค่า α = 0.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ($\alpha \geq 0.70$) สำหรับแบบสอบถามในงานสังคมศาสตร์และการวิจัยเชิงสำรวจทั่วไป

ส่วนที่ 3 ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับภาษีมูลค่าเพิ่ม

เป็นคำถามปลายเปิดและปลายปิดเกี่ยวกับปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของผู้ประกอบการในการปฏิบัติตามกฎหมายภาษีมูลค่าเพิ่ม เช่น ปัญหาในการทำความเข้าใจกฎหมาย ปัญหาด้านเอกสารและการยื่นแบบ รวมถึงข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลในส่วนนี้ใช้เพื่อประกอบการวิเคราะห์เชิงอธิบายและอภิปรายผลให้สอดคล้องกับผลคะแนนความรู้ในแต่ละด้าน

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เก็บรวบรวมผ่านแบบสอบถามจำนวน 109 ราย ได้แก่ ผู้ประกอบการนิติบุคคล และ ผู้ประกอบการบุคคลธรรมดา โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) รวบรวมจากเอกสารงานวิจัย รายงานทางวิชาการ กฎหมายและประกาศที่เกี่ยวข้องกับภาษีมูลค่าเพิ่ม ตลอดจนแหล่งข้อมูลสาธารณะจากหน่วยงานภาครัฐและบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เพื่อนำมาประกอบการสร้างกรอบแนวคิดการวิจัย และเปรียบเทียบความสอดคล้องและความแตกต่างกับผลการศึกษาครั้งนี้

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิจัยในการประมวลผลข้อมูล โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย

1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อสรุปลักษณะทั่วไปของกลุ่ม

ตัวอย่าง วิเคราะห์จำนวนและร้อยละของคำตอบ (ถูก–ผิด–ไม่แน่ใจ) ในแต่ละด้านของความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่ม และคำนวณสัดส่วนคำตอบถูกเพื่อสะท้อนระดับความรู้ในภาพรวมและรายด้าน

2) สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของระดับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มตามรูปแบบธุรกิจ โดยใช้สถิติ t–test แบบอิสระ (Independent Samples t–test) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มระหว่าง กลุ่มผู้ประกอบการนิติบุคคล และ กลุ่มผู้ประกอบการบุคคลธรรมดา เพื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการศึกษา

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความรู้และความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็ก วิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มตามรูปแบบธุรกิจ และศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็กในตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย ผู้ประกอบการที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่มทั้งประเภทนิติบุคคลและบุคคลธรรมดา จำนวนรวม 109 ชุดข้อมูล เพื่อให้ได้ภาพรวมที่ชัดเจนของสถานการณ์จริงและสามารถนำผลที่ได้ไปพัฒนากลยุทธ์สนับสนุนผู้ประกอบการและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลจำนวนและร้อยละของข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

(n=109)

ข้อมูลส่วนบุคคล		จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	29	26.61
	หญิง	80	73.39
อายุ (ปี)	21–30 ปี	65	59.63
	31–40 ปี	19	17.43
	41–50 ปี	5	4.59
	51–60 ปี	1	0.92
	61 ปีขึ้นไป	19	17.43
ระดับการศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	57	52.29
	ปริญญาตรี	47	43.12
	ปริญญาเอก	3	2.75
	ปริญญาโท	2	1.83
ประสบการณ์ประกอบธุรกิจ (ปี)	ต่ำกว่า 1 ปี	30	27.52
	1–2 ปี	43	39.45
	3–4 ปี	17	15.60
	5–6 ปี	6	5.50
	7–8 ปี	4	3.67
	10 ปีขึ้นไป	9	8.26

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 73.39 รองลงมาคือเพศชาย จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 26.61 สำหรับช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 21–30 ปี จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 59.63 รองลงมาคือกลุ่มอายุ 31–40 ปี และกลุ่มอายุ 61 ปีขึ้นไป จำนวนกลุ่มละ 19 คน คิดเป็นร้อยละ 17.43 เท่ากัน ในขณะที่กลุ่มอายุ 51–60 ปี มีจำนวนน้อยที่สุด คือ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.92

ด้านระดับการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 57 คน คิดเป็นร้อยละ 52.29 รองลงมาคือ ระดับปริญญาตรี จำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 43.12 ส่วนระดับปริญญาเอกและปริญญาโทมีจำนวนน้อยที่สุด คือ 3 คน คิดเป็นร้อยละ 2.75 และ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.83 ตามลำดับ

ในส่วนของประสบการณ์ประกอบธุรกิจ พบว่า ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ 1–2 ปี จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 39.45 รองลงมาคือผู้ที่มีประสบการณ์ต่ำกว่า 1 ปี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 27.52 ตามด้วยกลุ่มที่มีประสบการณ์ 3–4 ปี จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 15.60 สำหรับผู้ที่มีประสบการณ์ 10 ปีขึ้นไป มีจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 8.26 ขณะที่ประสบการณ์ 5–6 ปี และ 7–8 ปี มีจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 5.50 และ 4 คน คิดเป็นร้อยละ 3.67 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลจำนวนและร้อยละของข้อมูลสถานประกอบการ

(n=109)

ข้อมูลสถานประกอบการ		จำนวน	ร้อยละ
รูปแบบธุรกิจ	ผู้ประกอบการนิติบุคคล	89	81.65
	ผู้ประกอบการบุคคลธรรมดา	20	18.35
ประเภทกิจการ	ธุรกิจผลิต	9	8.26
	ธุรกิจการค้า	41	37.61
	ธุรกิจบริการ	2	1.83
	ธุรกิจเกษตรกรรม	10	9.17
	ธุรกิจเทคโนโลยี	10	9.17
	ธุรกิจออนไลน์	27	24.77
	อื่น ๆ	10	9.17
รายได้เฉลี่ยต่อปี	ต่ำกว่า 1,800,001 บาท	60	55.05
	1,800,001 – 5,000,000 บาท	27	24.77
	5,000,001 – 10,000,000 บาท	7	6.42
	มากกว่า 10,000,001 บาท	15	13.76

จากตารางที่ 2 พบว่า รูปแบบธุรกิจของกลุ่มตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างรวม 109 แห่ง ส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการในรูปแบบนิติบุคคล จำนวน 89 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 81.65 ขณะที่ผู้ประกอบการบุคคลธรรมดามีจำนวน 20 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 18.35

ประเภทกิจการของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากประเภทกิจการ พบว่า ธุรกิจการค้าเป็นประเภทที่มีผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุด จำนวน 41 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 37.61 รองลงมา คือธุรกิจออนไลน์ จำนวน 27 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 24.77 ส่วนธุรกิจเกษตรกรรมและธุรกิจเทคโนโลยี และอื่นๆ ต่างมีจำนวน 10 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 9.17 เท่ากัน

ขณะที่ธุรกิจผลิต มีจำนวน 9 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 8.26 และธุรกิจบริการมีจำนวนน้อยที่สุดเพียง 2 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 1.83

รายได้เฉลี่ยต่อปีของกิจการ พบว่า มากกว่าครึ่งของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 55.05 มีรายได้เฉลี่ยต่อปี ต่ำกว่า 1 ,800,001 บาท ส่วนกลุ่มที่มีรายได้ระหว่าง 1,800,001 – 5,000,000 บาท มีจำนวน 27 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 24.77 กลุ่มที่มีรายได้ระหว่าง 5,000,001 – 10,000,000 บาท มีจำนวน 7 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 6.42 และกลุ่มที่มีรายได้มากกว่า 10,000,001 บาท มีจำนวน 15 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 13.76

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการในแต่ละด้าน

ตารางที่ 3 แสดงผลรวมจำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามระดับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการในแต่ละด้าน

ความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการ	คำตอบถูก	คำตอบผิด	คำตอบไม่แน่ใจ	รวม
1) ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม	293 (67.20)	100 (22.94)	43 (9.86)	436 (100.00)
2) ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม	125 (57.34)	48 (22.02)	45 (20.64)	218 (100.00)
3) ผู้มีหน้าที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม / ผู้มีหน้าที่เสียภาษี	247 (56.65)	98 (22.48)	91 (20.87)	436 (100.00)
4) การคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษี	448 (68.50)	95 (14.53)	111 (16.97)	654 (100.00)
5) หลักเกณฑ์ใบกำกับภาษี รายงานภาษีซื้อ-ขาย	525 (60.21)	224 (25.69)	123 (14.11)	872 (100.00)
รวม	1,638 (62.61)	565 (21.60)	413 (15.79)	2,616 (100.00)

จากตารางที่ 3 แสดงผลรวมจำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการในแต่ละด้าน พบว่า

ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม ผู้ประกอบการตอบถูก 293 คน คิดเป็นร้อยละ 67.20 ตอบผิดร้อยละ 22.94 และไม่แน่ใจร้อยละ 9.86 แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่มในระดับค่อนข้างดี

ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม มีผู้ตอบถูก 125 คน คิดเป็นร้อยละ 57.34 ตอบผิดร้อยละ 22.02 และไม่แน่ใจร้อยละ 20.64 เมื่อเทียบกับด้านแรก พบว่า ระดับความถูกต้องลดลง และมีสัดส่วนของผู้ไม่แน่ใจเพิ่มขึ้น สะท้อนว่าบางประเด็นภายใต้หลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม ยังไม่ชัดเจนในมุมมองของผู้ประกอบการ

ด้านผู้มีหน้าที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม / ผู้มีหน้าที่เสียภาษี มีผู้ตอบถูก 247 คน คิดเป็นร้อยละ 56.65 ตอบผิดร้อยละ 22.48 และไม่แน่ใจร้อยละ 20.87 แสดงว่าผู้ประกอบการมากกว่ากึ่งหนึ่งเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับผู้ที่มีหน้าที่จดทะเบียนและมีหน้าที่เสียภาษีมูลค่าเพิ่ม แต่อีกเกือบครึ่งหนึ่งยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือไม่แน่ใจ

ด้านการคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษี มีผู้ตอบถูก 448 คน คิดเป็นร้อยละ 68.50 ตอบผิดร้อยละ 14.53 และไม่แน่ใจร้อยละ 16.97 เป็นด้านที่มีอัตราการตอบถูกสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการมีความเข้าใจที่ดีเกี่ยวกับขั้นตอนเชิงปฏิบัติในการคำนวณ การยื่นแบบ และการชำระภาษีมูลค่าเพิ่ม

ด้านหลักเกณฑ์ใบกำกับภาษีและรายงานภาษีซื้อ–ขาย มีผู้ตอบถูก 525 คน คิดเป็นร้อยละ 60.21 ขณะที่ตอบผิดร้อยละ 25.69 และไม่แน่ใจร้อยละ 14.11 เป็นด้านที่มีสัดส่วนการตอบผิดค่อนข้างสูง สะท้อนว่าผู้ประกอบการจำนวนไม่น้อยยังมีปัญหาความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดทำใบกำกับภาษีและการบันทึกรายงานภาษีซื้อ–ขายให้ถูกต้องตามกฎหมาย

เมื่อพิจารณาภาพรวมทุกด้าน พบว่า จากคำตอบทั้งหมด 2,616 คำตอบ มีผู้ตอบถูก 1,638 คำตอบ คิดเป็นร้อยละ 62.61 ขณะที่ตอบผิด 565 คำตอบ คิดเป็นร้อยละ 21.60 และไม่แน่ใจ 413 คำตอบ คิดเป็นร้อยละ 15.79 สรุปได้ว่า โดยรวมแล้วผู้ประกอบการมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภาษีมูลค่าเพิ่มในระดับปานกลางถึงค่อนข้างดี แต่ยังมีสัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดและไม่แน่ใจในหลายประเด็น โดยเฉพาะด้านใบกำกับภาษีและรายงานภาษีซื้อ–ขาย รวมทั้งรายละเอียดปลีกย่อยของหลักเกณฑ์ความรับผิดและผู้มีหน้าที่เสียภาษี ซึ่งควรได้รับการส่งเสริมให้ความรู้เพิ่มเติมต่อไป

ส่วนที่ 3 ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการจำแนกตามรูปแบบธุรกิจ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้ประกอบการรายนิติบุคคล และผู้ประกอบการรายบุคคลธรรมดา ทั้งนี้ได้พิจารณาทั้งผลรวมความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่ม และแยกเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม ด้านกิจการที่ได้รับยกเว้นภาษีมูลค่าเพิ่ม ด้านผู้มีหน้าที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม/ผู้มีหน้าที่เสียภาษี ด้านการคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษี และด้านหลักเกณฑ์ใบกำกับภาษีและรายงานภาษีซื้อ–ขาย เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มอิสระ โดยใช้สถิติ t–test แบบอิสระ (Independent Samples t–test) เพื่อตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

สมมติฐาน : ผู้ประกอบการจดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่มที่มีรูปแบบธุรกิจแตกต่างกัน มีความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่ม แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบสมมติฐาน ความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่ม จำแนกตามรูปแบบธุรกิจ (นิติบุคคล/บุคคลธรรมดา)

ตัวแปรตาม	รูปแบบธุรกิจ	n	Mean	S.D.	t	p
ความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่ม	นิติบุคคล	89	0.61	0.20	–1.18	0.249
	บุคคลธรรมดา	20	0.68	0.23		
	รวม	109	0.63	0.20		

ตัวแปรตาม	รูปแบบธุรกิจ	n	Mean	S.D.	t	p
1) ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม	นิติบุคคล	89	0.68	0.24	−1.41	0.168
	บุคคลธรรมดา	20	0.76	0.24		
	รวม	109	0.69	0.24		
2) ด้านกิจการที่ได้รับยกเว้นภาษีมูลค่าเพิ่ม	นิติบุคคล	89	0.51	0.36	−0.83	0.416
	บุคคลธรรมดา	20	0.58	0.34		
	รวม	109	0.52	0.35		
3) ด้านผู้มีหน้าที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม / ผู้มีหน้าที่เสียภาษี	นิติบุคคล	89	0.58	0.30	−1.80	0.084
	บุคคลธรรมดา	20	0.73	0.34		
	รวม	109	0.60	0.31		
4) ด้านการคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษี	นิติบุคคล	89	0.68	0.29	−0.53	0.601
	บุคคลธรรมดา	20	0.72	0.30		
	รวม	109	0.69	0.29		
5) ด้านหลักเกณฑ์ใบกำกับภาษี รายงานภาษีซื้อ–ขาย	นิติบุคคล	89	0.55	0.22	−0.97	0.342
	บุคคลธรรมดา	20	0.61	0.25		
	รวม	109	0.56	0.22		

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มจำแนกตามประเภทผู้ประกอบการ (นิติบุคคล/บุคคลธรรมดา) พบว่า ค่าเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่ม “โดยรวม” และค่าเฉลี่ยในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม ด้านกิจการที่ได้รับยกเว้นภาษีมูลค่าเพิ่ม ด้านผู้มีหน้าที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม/ผู้มีหน้าที่เสียภาษี ด้านการคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษี และด้านหลักเกณฑ์ใบกำกับภาษีและรายงานภาษีซื้อ–ขาย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p > .05$ ทุกด้าน) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก จากผลการทดสอบด้วยสถิติ t–test แบบอิสระ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ประเภทผู้ประกอบการที่แตกต่างกันระหว่างผู้ประกอบการรายนิติบุคคลและผู้ประกอบการรายบุคคลธรรมดา ไม่มีผลต่อระดับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการในทุกด้าน

สรุปผลและอธิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มของผู้ประกอบการขนาดเล็กในตำบลหนองปรือ จังหวัดชลบุรี จากกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการที่จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม จำนวน 109 ราย ส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการนิติบุคคล เพศหญิง อายุ 21–30 ปี การศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี และมีประสบการณ์ประกอบธุรกิจ 1–2 ปี

ผลการวิเคราะห์พบว่า ระดับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างดี โดยด้านที่มีความรู้สูงที่สุดคือ ด้านการคำนวณภาษี การยื่นแบบ และการชำระภาษี รองลงมาคือ ด้านหลักเกณฑ์ความรับผิดในการเสียภาษีมูลค่าเพิ่ม ขณะที่ด้านกิจการที่ได้รับยกเว้นภาษี ด้านผู้มีหน้าที่จดทะเบียน/ผู้มีหน้าที่เสียภาษี และโดยเฉพาะด้านหลักเกณฑ์ใบกำกับภาษีและรายงานภาษีซื้อ–ขาย ยังพบสัดส่วนคำตอบผิดและไม่แน่ใจค่อนข้างสูง สะท้อนว่ามีช่องว่างความรู้ในรายละเอียดเชิงกฎหมายและเอกสารภาษี แตกต่างจากงานของ พรทิพย์ สุขจำลอง และคณะ (2567) ที่ศึกษาความรู้ความเข้าใจการเสียภาษีของผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดชลบุรี ซึ่งพบว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีความรู้ระดับ “มากที่สุด” ค่าเฉลี่ย 4.23 ความแตกต่างนี้อาจอธิบายได้จากลักษณะกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน ครอบคลุม SMEs ขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีทุนจดทะเบียนและระบบบริหารจัดการมากกว่า ขณะที่งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นกลุ่มผู้ประกอบการขนาดเล็ก ในพื้นที่ตำบลเดียว ซึ่งมักมีทรัพยากรด้านบุคลากรบัญชีและการเข้าถึงข้อมูลภาษีจำกัดกว่า จึงมีระดับความรู้เฉลี่ยน้อยกว่าเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ความเข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มตามประเภทผู้ประกอบการระหว่าง ผู้ประกอบการรายนิติบุคคลและผู้ประกอบการรายบุคคลธรรมดา พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ารูปแบบธุรกิจไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระดับความรู้ภาษีมูลค่าเพิ่มแตกต่างกันในบริบทของผู้ประกอบการขนาดเล็กกลุ่มนี้ โดยสรุป งานวิจัยชี้ให้เห็นว่า ผู้ประกอบการขนาดเล็กมีความรู้พื้นฐานด้านภาษีมูลค่าเพิ่มพอสมควร แต่ยังจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมความรู้เพิ่มเติมในประเด็นกิจการยกเว้นภาษี ผู้มีหน้าที่จดทะเบียน และการจัดทำเอกสารภาษีมูลค่าเพิ่มให้ถูกต้องครบถ้วน เพื่อให้สามารถปฏิบัติตามกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงทางภาษีในระยะยาว สอดคล้อง กับงานวิจัยของ ปริณดา ใบแก้ว และ ธำรงศักดิ์ เศวตเลข (2568) ซึ่งศึกษาความรู้ความเข้าใจการเป็นผู้ประกอบการจดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่มของลูกค้าในเครือบริษัทธรรมนิติ พบว่า ผู้ประกอบการจดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่มที่มีรูปแบบธุรกิจแตกต่างกันมีความรู้ความเข้าใจโดยภาพรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งสอดคล้องกับงานของ ภัทรวดี อินทปันตี (2568) ที่ศึกษาผู้ประกอบการ SMEs ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งพบว่าปัจจัยด้านประสบการณ์ทำงานและรายได้ของกิจการมีอิทธิพลต่อระดับความรู้และความเข้าใจด้านภาษีมากกว่าลักษณะโครงสร้างธุรกิจ ตลอดจนสอดคล้องกับแนวโน้มในงานวิจัยของ Twum et al., 2020 และ Susyanti and Askandar, 2019 ที่ระบุว่าความรู้ภาษีอากรและการได้รับบริการให้คำปรึกษา การให้ความรู้ด้านภาษีอากรจากภาครัฐ เป็นปัจจัยสำคัญต่อการปฏิบัติตามกฎหมายภาษีของผู้ประกอบการ SMEs มากกว่ารูปแบบการจดทะเบียนของกิจการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจักรพงษภูวนารถ ที่ให้การสนับสนุนในการจัดทำการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ปริณดา ใบแก้ว และ ธำรงศักดิ์ เศวตเลข. (2568). ความรู้ความเข้าใจการเป็นผู้ประกอบการจดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่มของลูกค้าในเครือบริษัทธรรมนิติ. **วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร**, ปีที่ 5 ฉบับที่ 3, หน้า 1399–1413.

พรทิพย์ สุขจำลอง, ศศิธร เปอร์เขียว, สุนา สุทธิเกียรติ และ รุจิรัตน์ ปาลีพัฒน์สกุล. (2567). ความรู้ความเข้าใจการเสียภาษีของผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลาง และขนาดย่อมในจังหวัดชลบุรี. **วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์**, ปีที่ 11 ฉบับที่ 9, 148–159.

ภัทรวดี อินทปันตี. (2568). ความรู้ความเข้าใจภาษีและความต้องการพัฒนาความรู้ เพื่อการวางแผนภาษีของผู้ประกอบธุรกิจวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. **วารสารนวัตกรรมสังคมและการเรียนรู้ตลอดชีวิต**, ปีที่ 19 ฉบับที่ 2, หน้า 313–331.

ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและธุรกิจ ธนาคารไทยพาณิชย์. (2567). **มุมมองเศรษฐกิจไทย 2567 [รายงาน]**. สืบค้นจาก https://www.scbeic.com/th/detail/product/9512

Muthitacharoen, A., Wanichthaworn, W., & Burong, T. (2021). VAT threshold and small business behavior: evidence from Thai tax returns. **International Tax and Public Finance**, 28(5), 1242–1275.

Susyanti, J., & Askandar, N. S. (2019). Why is tax knowledge and tax understanding important? JEMA: **Jurnal Ilmiah Bidang Akuntansi dan Manajemen**, 16(2), 187–194.

Twum, K. K., Amaniampong, M. K., Assabil, E. N., Adombire, M. A., Edisi, D., & Akuetteh, C. (2020). Tax knowledge and tax compliance of small and medium enterprises in Ghana. **South East Asia Journal of Contemporary Business, Economics and Law**, 21(5), 222–231.

แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มความได้เปรียบทางการแข่งขัน: กรณีศึกษาบ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก ชุมชนบางกระดี่ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

Applying digital technology to enhance competitive advantage: A case study of “Baan Kanom Wan Pa Piek” in Bang Kradi Community, Bang Khun Thian District, Bangkok

วสพร ตันประเสริฐ[1*]

Wasaporn Tanprasert[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) สภาพปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลด้านการตลาดของ “บ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก” ในชุมชนบางกระดี่ (2) ปัจจัยด้านเทคโนโลยีดิจิทัลที่ส่งผลต่อความได้เปรียบทางการแข่งขัน และ (3) แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน การวิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ประกอบการ สมาชิกครอบครัว และตัวแทนชุมชน รวม 7 คน รวมถึงการสังเกตภาคสนามและการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ ผลการศึกษา พบว่า ผู้ประกอบการใช้เทคโนโลยีในระดับพื้นฐาน ได้แก่ โทรศัพท์บ้านเป็นช่องทางรับออเดอร์หลัก การรับชำระเงินผ่าน QR Code และการพึ่งพารีวิวใน Google Map ขณะที่ยังไม่สามารถใช้สื่อดิจิทัลเพื่อการตลาดเชิงรุก เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านบุคลากร ทักษะ และต้นทุน การวิเคราะห์ชี้ว่าปัจจัยเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความได้เปรียบทางการแข่งขัน ได้แก่ ความสะดวกในการเข้าถึงร้านค้า การบริหารต้นทุนและภาษี การสร้างการรับรู้ผ่านรีวิวออนไลน์ และความสามารถในการรักษาเอกลักษณ์ผลิตภัณฑ์ แนวทางพัฒนาประกอบด้วย การทำเพจ Facebook และ Line OA การสร้างเนื้อหาด้วยวิดีโอขั้นตอนการทำขนม การออกแบบฉลากและบรรจุภัณฑ์ใหม่ และการทำกิจกรรมชุมชนเพื่อสร้างฐานลูกค้าอย่างยั่งยืน ผลวิจัยสะท้อนว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเหมาะสมและสอดคล้องบริบท สามารถเพิ่มการรับรู้ เพิ่มความเชื่อมั่น และเสริมศักยภาพการแข่งขันของธุรกิจขนมหวานดั้งเดิมได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ขนมหวาน, ชุมชนบางกระดี่, เทคโนโลยีดิจิทัล, ความได้เปรียบทางการแข่งขัน

[1] หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยพะเยา กรุงเทพฯ 10330

[1] Master of Business Administration, College of Management, University of Phayao, Bangkok 10330

*Corresponding author: wasaporn.tan@gmail.com

Abstract

This study aimed to (1) examine the current use of digital marketing technologies by “Baan Kanom Wan Pa Piek” in the Bang Kradee community, (2) identify technology-related factors influencing competitive advantage, and (3) propose appropriate approaches for applying digital technologies within the local context. A qualitative research design was employed, collecting data through in-depth interviews with the business owner, family members, and community representatives (seven participants in total), as well as field observations and secondary data analysis.

The findings indicate that the business currently employs only basic digital technologies, including using a landline telephone as the primary channel for receiving orders, QR-code–based payment methods, and relying on Google Maps reviews. However, proactive digital marketing efforts remain limited due to constraints related to manpower, digital skills, and financial resources. The analysis further reveals that technology-related factors contributing to competitive advantage include ease of access to the shop, cost and tax management, online visibility through customer reviews, and the ability to preserve the authenticity of traditional dessert products.

The recommended development strategies comprise creating a Facebook Page and LINE Official Account, producing video-based content showcasing dessert-making processes, redesigning product labels and packaging, and organizing community-based activities to build a sustainable customer base. Overall, the findings suggest that the appropriate and context-sensitive application of digital technologies can significantly enhance visibility, consumer trust, and competitive capacity for traditional dessert businesses.

Keywords: Desserts, Digital technology, Bang Kradi community, Competitive advantage

บทนำ

ในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล การเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีมีผลอย่างมากต่อรูปแบบการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการทุกระดับ โดยเฉพาะธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ซึ่งต้องเผชิญกับการแข่งขันสูงขึ้น โครงสร้างอุตสาหกรรมใหม่ และพฤติกรรมผู้บริโภคที่พึ่งพาช่องทางออนไลน์มากขึ้น (Kotler, Kartajaya, & Setiawan, 2021) การเข้าถึงข้อมูลของผู้บริโภคผ่านสื่อสังคมออนไลน์ การรีวิว และบริการจัดส่งอาหาร ทำให้ทิศทางการตลาดเปลี่ยนจากแบบออฟไลน์สู่ดิจิทัลอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผู้ประกอบการยุคใหม่จำเป็นต้องเพิ่มทักษะและเครื่องมือด้านดิจิทัลเพื่อรักษาความสามารถทางการแข่งขัน (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014)

อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการท้องถิ่นจำนวนมาก โดยเฉพาะธุรกิจขนมหวานดั้งเดิมซึ่งเน้นสูตรพื้นบ้านและประสบการณ์เชิงช่างฝีมือ ยังคงประสบปัญหาในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในด้านการตลาด ไม่ว่าจะเป็นข้อจำกัดด้านกำลังคน ทักษะการใช้สื่อออนไลน์ ต้นทุนที่เกี่ยวข้อง หรือความไม่คุ้นเคยกับแพลตฟอร์มดิจิทัล (Thongmak, 2020) ปัญหาเหล่านี้ทำให้หลายธุรกิจยังไม่สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อขยายช่องทาง ขยายฐานลูกค้า หรือเพิ่มศักยภาพการแข่งขันได้อย่างเต็มที่

บ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก ชุมชนบางกระดี่ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร สินค้าของร้านมีจุดแข็งสำคัญ ได้แก่ สูตรดั้งเดิมแบบชุมชนมอญ รสชาติอร่อยเป็นเอกลักษณ์ และขนาดของขนมที่โดดเด่น ซึ่งล้วนเป็น คุณค่าด้านความแตกต่าง (Differentiation) ที่สามารถสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันได้ หากได้รับการสนับสนุนด้วยกลยุทธ์

ด้านดิจิทัลที่เหมาะสม (Porter, 1985) นอกจากนี้ ลูกค้ายังมีการรีวิวร้านใน Google Map ซึ่งถือเป็นสัญญาณว่าช่องทางออนไลน์สามารถเพิ่มการรับรู้ของลูกค้าใหม่ได้ หากมีการเสริมกลยุทธ์ออนไลน์อย่างเหมาะสม

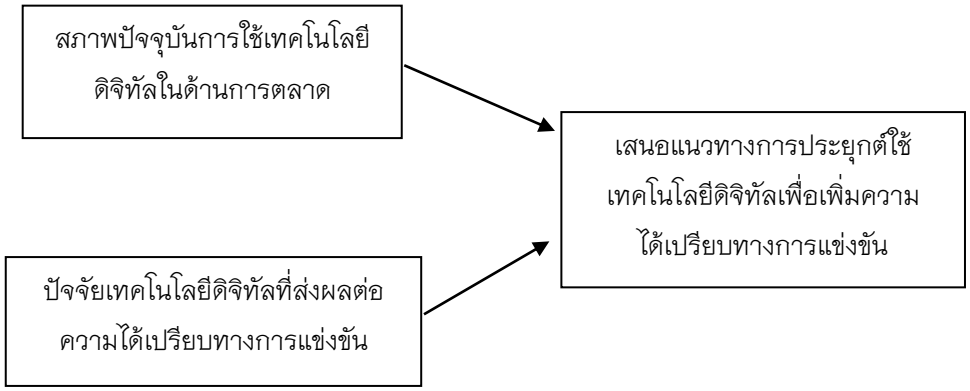
ดังนั้น ความสำคัญของปัญหานี้คือการที่ธุรกิจดั้งเดิมซึ่งมีเอกลักษณ์โดดเด่น กลับไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลในการเพิ่มยอดขาย เพิ่มการรับรู้ หรือสร้างความมั่นคงของฐานลูกค้าได้อย่างเต็มที่ ทั้งที่ผู้บริโภคยุคใหม่มักใช้ข้อมูลออนไลน์ในการตัดสินใจซื้อ (Lemon & Verhoef, 2016) การขาดกลยุทธ์ด้านดิจิทัลจึงอาจทำให้ธุรกิจเกิดความเสี่ยงในการแข่งขันในอนาคต โดยเฉพาะเมื่อผู้บริโภคหันไปเลือกสินค้าที่สามารถค้นหาได้ง่ายกว่าหรือมีความสะดวกในการสั่งซื้อมากกว่า

ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเชิงลึกของบ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแข่งขัน และเพื่อเสนอแนวทางประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน โดยไม่ทำลายอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนา SMEs ให้ใช้ดิจิทัลเป็นเครื่องมือเสริม ไม่ใช่แทนที่คุณค่าดั้งเดิมของสินค้า (UNCTAD, 2020)

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในด้านการตลาดของบ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก
2. เพื่อศึกษาปัจจัยเทคโนโลยีดิจิทัลที่ส่งผลต่อความได้เปรียบทางการแข่งขัน
3. เสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มความได้เปรียบทางการแข่งขัน

กรอบแนวคิด



วิธีวิทยาการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็น การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ศึกษา (Case Study Area): บ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก ชุมชนบางกระดี่ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

2. ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) ผู้ประกอบการหลักของบ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก และสมาชิกในครอบครัวที่เกี่ยวข้อง จำนวน 5 คน ตัวแทนชุมชน/ลูกค้า จำนวน 2 คน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยการลงพื้นที่สัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) สัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการตลาด ปัจจัยเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความได้เปรียบทางการแข่งขัน และแนวทางพัฒนากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน การสังเกตแบบมีส่วนร่วมและไม่มีส่วนร่วม (Participant and Non-Participant Observation) สังเกตกระบวนการผลิต การบริการลูกค้า และวิธีการรับคำสั่งซื้อ/ชำระเงินในปัจจุบัน

3.2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ จากบทความ เอกสาร และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ รวมไปจนถึงทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง ใช้วิธีการ วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยการถอดเทป สรุป และจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และการสังเกต เพื่อค้นหาแก่น (Theme) และข้อสรุปตามประเด็นที่ศึกษาและวัตถุประสงค์ รวมทั้งการวิเคราะห์ร่วมกับแนวคิด ทฤษฎีที่กำหนดไว้ในกรอบการศึกษา

การตรวจสอบข้อมูลใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data source triangulation) เป็นการตรวจสอบโดยพิจารณาแหล่งเวลา และแหล่งบุคคลที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการตลาด

จากสัมภาษณ์ผู้ประกอบการมีขีดจำกัดและเน้นไปที่การอำนวยความสะดวกในการทำธุรกรรมและการเข้าถึงสินค้ามากกว่าการขายหรือการโปรโมตออนไลน์โดยตรง

1. ช่องทางการสื่อสารและการรับคำสั่งซื้อ

- ช่องทางหลัก: โทรศัพท์บ้านใช้เป็นช่องทางหลักช่องทางเดียวในการรับคำสั่งซื้อ เหตุผล คือ ผู้ประกอบการเน้นความแน่นอนของการรับออเดอร์ และความสามารถในการรับสายได้ตลอดเวลาแม้ในขณะที่กำลังทำขนมอยู่ เนื่องจากมี ข้อจำกัดด้านกำลังคน จึงเห็นว่าการใช้โทรศัพท์ดีกว่าการบริหารจัดการการตอบแชท
- การวางแผนในอนาคต: มีการวางแผนที่จะสร้างเพจ Facebook และต้องการทำ Line OA แต่ยังไม่ได้ดำเนินการโพสต์หรือลงรายละเอียดใด ๆ เนื่องจากติดปัญหาเรื่อง การตอบคำถาม และ กำลังคนไม่พอ

2. การขาย การจัดส่ง และการชำระเงิน

- การขายออนไลน์: ร้านค้าไม่ได้ดำเนินการขายผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์เอง และผู้ประกอบการบางส่วนไม่ได้วางแผนที่จะขยายการขายขึ้นสู่ช่องทางออนไลน์เลย
- การจัดส่ง: ร้านค้าไม่ได้เข้าร่วมแพลตฟอร์มจัดส่ง แต่ลูกค้าริเริ่มใช้เทคโนโลยีจัดส่ง (เช่น Grab) โดยลูกค้าจะเป็นผู้เรียกบริการมารับสินค้าที่หน้าร้านเอง การที่ลูกค้าเรียกจัดส่งเองทำให้การซื้อสินค้า สะดวกกว่าเดิม
- การรับชำระเงิน: มีการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการรับชำระเงินผ่าน การสแกน QR Code นอกเหนือจากการรับเงินสด ซึ่งเพิ่มความสะดวกให้กับลูกค้า

3. การโปรโมตและการรับรู้ของลูกค้า

▪ รีวิวออนไลน์: ร้านค้าไม่ได้โพสต์โปรโมตอย่างสม่ำเสมอ แต่พบว่าลูกค้ามีการรีวิวร้านค้าใน Google Map ซึ่งช่วยในการเข้าถึงและรับรู้ถึงร้านค้า

▪ การรับรู้หลัก: การรับรู้ยังคงพึ่งพา ความอร่อย รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ และ ขนาดของขนมที่ใหญ่ เป็นหลัก

4. อุปสรรคและความท้าทาย

▪ ต้นทุนและภาษี: หากใช้แพลตฟอร์มจัดส่งขนาดใหญ่ ร้านค้าจะต้องเผชิญกับภาษีที่แพง ทำให้ต้องขึ้นราคาสินค้า ซึ่งเกรงว่าลูกค้าจะไม่ซื้อ

- บุคลากรและประสบการณ์: ขาดคนดูแลและตอบคำถามทางโซเชียลมีเดีย และผู้ประกอบการวางแผนจะทำเพจ Facebook ซึ่งมีประสบการณ์เพียงแค่รับชมโซเชียลมีเดียอย่างเดียว ยังไม่เคยทำในเชิงปฏิบัติ
- ข้อจำกัดผลิตภัณฑ์: สินค้าบางชนิด เช่น ฝอยทองและทองหยอด เป็นของสดที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น (2–5 วัน) ซึ่งจำกัดการขายผ่านช่องทางที่ต้องมีการจัดส่งไกล

ตอนที่ 2 ปัจจัยเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความได้เปรียบทางการแข่งขัน

จากสัมภาษณ์ผู้ประกอบการมองว่าปัจจัยเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความได้เปรียบทางการแข่งขันในยุคดิจิทัลเกี่ยวข้องกับการสร้างความมั่นคงของฐานลูกค้าควบคู่ไปกับการบริหารจัดการต้นทุน:

▪ ความมั่นคงของฐานลูกค้า: เป้าหมายหลักของการพัฒนาทางเทคโนโลยีการทำเพจ Facebook คือ การมุ่งไปที่ลูกค้า หากลูกค้าคนเดิมกลับมาซื้อและบอกต่อจะทำให้ยอดขายมั่นคง

▪ การเข้าถึงลูกค้าและการสร้างการรับรู้: เทคโนโลยีช่วยให้ลูกค้าเข้าถึง ร้านค้าได้ง่ายขึ้น

▪ การบริหารจัดการต้นทุน: ผู้ประกอบการมองว่า ภาษีที่แพง และ ต้นทุน เป็นอุปสรรคสำคัญ หากต้องนำสินค้าไปขึ้นบนแพลตฟอร์มจัดส่ง อาจทำให้ต้องขึ้นราคาสินค้า ซึ่งอาจทำให้ลูกค้าไม่ซื้อ ดังนั้น การที่ลูกค้ายอมเรียกบริการจัดส่งมารับเอง จึงเป็นวิธีที่รักษาความสามารถในการแข่งขันด้านราคาของร้านค้าได้

▪ การคงไว้ซึ่งอัตลักษณ์: ถึงแม้จะมีการนำเทคโนโลยีมาช่วย แต่จะไม่ปรับเปลี่ยน อัตลักษณ์ของขนม (รสชาติและคุณภาพ) เนื่องจากเชื่อมั่นในคุณภาพและเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ดั้งเดิม

ตอนที่ 3 แนวทางพัฒนากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน

กลยุทธ์ที่จะช่วยให้ขนมหวานชุมชนบางกระดี่เป็นที่รู้จักมากขึ้นในอนาคต ควรเป็นการผสมผสานระหว่างการคงไว้ซึ่งจุดแข็งดั้งเดิมกับการใช้ช่องทางดิจิทัลเพื่อสร้างการรับรู้

1. การรักษาและเน้นย้ำจุดขายหลัก

- คงไว้ซึ่งรสชาติและคุณภาพ: รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์และความอร่อยคือสิ่งที่ทำให้ลูกค้ากลับมาซื้อซ้ำ
- ชูเอกลักษณ์ด้านขนาด: เน้นย้ำว่าขนมเม็ดขนุน มีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นสิ่งที่ร้านอื่นๆ ไม่ได้ทำ

2. การใช้ Facebook Page เพื่อสร้างเนื้อหา

- ใช้เพจ Facebook ที่สร้างไว้ในการโพสต์วิดีโอการทำขนม ซึ่งเป็นการดึงดูดลูกค้าและแสดงถึงความพิถีพิถันของสินค้า
- ใช้เพจเป็นช่องทางในการสื่อสาร เช่น ใส่รายละเอียดสินค้าและข้อมูลการติดต่อ

3. การพัฒนาภาพลักษณ์และบรรจุภัณฑ์

- ปรับปรุง สติกเกอร์/ฉลาก ให้ชัดเจนและทันสมัยขึ้น เพื่อสร้างแบรนด์
- พิจารณาการจัดทำ กล่องที่สวยงามขึ้น (สวยกว่ากล่องเดิม) เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับลูกค้าที่ต้องการนำไปเป็นของฝาก

4. การสร้างความมั่นคงของฐานลูกค้า

- มุ่งเน้นไปที่ลูกค้าเดิมเป็นหลัก เพราะหากลูกค้ากลับมาซื้อและบอกต่อ จะทำให้ยอดขายมั่นคง

5. การมีส่วนร่วมในชุมชน

- เข้าร่วมกิจกรรมหรืออีเวนต์เกี่ยวกับสินค้าชุมชน เพื่อเป็นการหากลุ่มลูกค้าใหม่ และให้ลูกค้าเข้าถึงได้ง่ายขึ้น

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการดำเนินการวิจัย สามารถสรุปและอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. การเพิ่มช่องทางการตลาดและการขายดิจิทัล

จากการสัมภาษณ์ พบว่า จุดแข็งของขนมหวานป้าเปี๊ยก คือ "สูตรโบราณและความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชนมอญ" อย่างไรก็ตาม การขายส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาหน้าร้านในชุมชนและคำบอกเล่าแบบปากต่อปาก (Word of Mouth) แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มความได้เปรียบทางการแข่งขัน ดังนี้

- โซเชียลมีเดีย: ใช้ Facebook/Instagram หรือ TikTok เพื่อสร้าง "เรื่องเล่า (Storytelling)" เกี่ยวกับความเป็นมาของสูตรขนม วัฒนธรรมมอญ และกระบวนการทำอย่างพิถีพิถัน (ซึ่งเป็นจุดดึงดูดที่แตกต่างจากคู่แข่ง) โดยเน้นภาพและวิดีโอคุณภาพสูง
- แพลตฟอร์มเดลิเวอรี่: เข้าร่วมแพลตฟอร์มส่งอาหารยอดนิยม (เช่น GrabFood, LINE Man) เพื่อขยายฐานลูกค้าในพื้นที่ใกล้เคียงและกรุงเทพฯ ชั้นใน โดยต้องพิจารณาเรื่องการบรรจุหีบห่อที่รักษาคุณภาพขนม

ดังนั้น การเข้าถึงแพลตฟอร์มเดลิเวอรี่ถือเป็นความได้เปรียบเชิงปฏิบัติการ (Operational Advantage) ในขณะที่การใช้ Social Media เพื่อการสร้างแบรนด์ถือเป็นความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ (Strategic Advantage)

2. การบริหารจัดการธุรกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล

ปัจจุบันการจัดการคำสั่งซื้อและบัญชีทำด้วยการเขียนบันทึกเป็นหลัก ซึ่งนำไปสู่ความเสี่ยงด้านความผิดพลาดและความล่าช้า โดยเฉพาะในช่วงที่มีลูกค้ามาก แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มความได้เปรียบทางการแข่งขัน ดังนี้

- ระบบ ณ จุดขาย (POS) หรือแอปฯ บัญชีอย่างง่าย: นำแอปพลิเคชันบัญชีบนมือถือมาใช้เพื่อบันทึกรายรับ–รายจ่าย และจัดการสต็อกวัตถุดิบเบื้องต้น เพื่อช่วยในการวางแผนการผลิตและลดความสูญเสีย
- ช่องทางการชำระเงินดิจิทัล: ส่งเสริมการใช้ QR Code Payment และ Mobile Banking เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วและลดความจำเป็นในการสำรองเงินทอน

ดังนั้น การใช้เครื่องมือเหล่านี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพภายใน (Internal Efficiency) ซึ่งช่วยลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการจัดการเมื่อธุรกิจเติบโตขึ้น

3. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับบ้านขนมหวานป้าเปี๊ยกควรเน้นการสร้าง **ความโดดเด่นของแบรนด์** ผ่านการเล่าเรื่อง (Storytelling) บนโซเชียลมีเดียควบคู่ไปกับการ **ขยายช่องทางการขาย** ผ่าน Food Delivery Platform และการ **ปรับปรุงประสิทธิภาพภายใน** ด้วยเครื่องมือการจัดการบัญชี/สต็อกอย่างง่าย

ข้อเสนอแนะ

1. **ระยะสั้น:** อบรมผู้ประกอบการให้ใช้งานแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียและการถ่ายภาพ/วิดีโออย่างง่าย และติดตั้งระบบชำระเงินด้วย QR Code
2. **ระยะยาว:** พัฒนาระบบจัดการคำสั่งซื้อออนไลน์ที่เชื่อมโยงกับปริมาณวัตถุดิบในคลัง เพื่อให้สามารถรับออเดอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรักษาคุณภาพการบริการ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร แพรศรี ที่ให้การส่งเสริมในการทำวิจัยครั้งนี้ และผู้ประกอบการบ้านขนมหวานป้าเปี๊ยก ที่อนุเคราะห์ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ รวมถึงได้รับความช่วยเหลือจากทีมคณะวิจัย ดร.ชุณวัฒน์ ปุงบางกระดี่ (หัวหน้าโครงการ) และ ดร.ณัฐรินทร์ ปริวงศ์กุลธร (นักวิจัยร่วม) วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยพะเยา ภายใต้โครงการ 1 คณะ 1 เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDG) ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

แก้วกมล, ว., สุพรรณ, อ., & ธีรวุฒิ, ภ. (2022). ปัจจัยสื่อสังคมออนไลน์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. *วารสารบริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์*, 14(2), 45–60.

สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (2023). *รายงานสถานการณ์ SMEs ประเทศไทย พ.ศ. 2566*. สสว.

สำนักวัฒนธรรมเมืองกรุงเทพมหานคร. (2023). *ข้อมูลชุมชนมอญบางกระดีและทุนทางวัฒนธรรมเขตบางขุนเทียน*. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดกรุงเทพมหานคร. (2022). *เส้นทางท่องเที่ยวมอญบางกระดี*. กระทรวงวัฒนธรรม.

Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.

Jaroensrisawat, S., & Phongphanich, N. (2023). Digital marketing capability and performance of local food SMEs in Thailand. *Journal of Business and Retail Management Research*, 17(3), 112–125.

Kaewkamon, P., & Associates. (2022). Digital transformation and competitiveness of Thai SMEs in the food sector. *International Journal of Small Business & Entrepreneurship Development*, 10(1), 88–104.

ปัจจัยและแนวทางบริหารทรัพยากรบุคคลเพื่อส่งเสริมการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ มหาวิทยาลัยพะเยา

Factors and human resource management strategies for promoting scholarly work development among lecturers at the University of Phayao

รณชัย ทิพย์มณฑา[1*]

Ronnachai Thipmontha[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ 2) เปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยแต่ละด้านที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ และ 3) สังเคราะห์แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ โดยมุ่งศึกษาประชากรกลุ่มอาจารย์ประจำ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 61 คน ใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.67–1.00) และมีค่าความเชื่อมั่น Cronbach's Alpha เท่ากับ 0.92 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการจัดลำดับค่าเฉลี่ยรายด้าน

ผลการวิจัย พบว่า

1. ปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (μ=4.00, σ=0.85) รองลงมาคือด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร (μ=3.87, σ=0.98) และด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ (μ=3.51, σ=0.96) โดยประเด็นสำคัญ ได้แก่ ความต้องการเพิ่มพูนความรู้ ความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกด้านเทคโนโลยี การสนับสนุนระบบพี่เลี้ยง และความเหนื่อยล้าจากภาระงานสอน

2. เมื่อเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยทั้งสามด้านที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ พบว่า ทั้งหมดอยู่ในระดับมาก โดยปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร และปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ

3. แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ได้แก่ 1) การเสริมแรงจูงใจและความก้าวหน้าในวิชาชีพ 2) การสนับสนุนจากองค์กรและทรัพยากรที่เพียงพอ และ 3) การจัดการภาระงานและดูแลสุขภาวการณ์ทำงานของอาจารย์

คำสำคัญ: ปัจจัยการพัฒนาผลงานทางวิชาการ, ตำแหน่งทางวิชาการ, การบริหารทรัพยากรบุคคล, อาจารย์มหาวิทยาลัย

[1] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author: ronnachai.th@up.ac.th

Abstract

This study aimed to: (1) examine the factors influencing the development of scholarly work among lecturers, (2) compare lecturers' levels of opinion across each factor affecting scholarly work development, and (3) synthesize integrated human resource management approaches to support academic promotion. The participants consisted of 61 full-time lecturers from the School of Information and Communication Technology, University of Phayao, selected through purposive sampling. Data were collected using a five-point Likert-scale questionnaire validated for content accuracy OC = 0.67–1.00) and demonstrating high reliability (Cronbach's Alpha = 0.92). Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and mean ranking.

The results revealed that:

1. Among the three factors, the reasons for pursuing scholarly work had the highest mean score (μ=4.00, σ=0.85), followed by organizational support for scholarly work development (μ=3.87, σ=0.98) and obstacles to scholarly development (μ=3.51, σ=0.96). Key issues included the desire to enhance knowledge, the need for technological facilities, the importance of academic mentoring, and fatigue caused by teaching workloads.

2. Comparison of lecturers' opinions across the three factors showed that all were rated at a high level. The factor with the highest mean was the reasons for developing scholarly work, followed by organizational support, and finally obstacles related to scholarly work development.

3. Human resource management approaches to promote academic promotion comprised three key strategies: (1) strengthening intrinsic motivation and professional advancement, (2) enhancing organizational support and adequate resources, and (3) improving workload management and promoting lecturers' well-being.

Keywords: Factors influencing scholarly work development, Academic position, Human resource management, University lecturers

บทนำ

ตำแหน่งทางวิชาการเป็นตัวชี้วัดความก้าวหน้าทางวิชาชีพของอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา ทั้งยังสะท้อนระดับความเชี่ยวชาญ ความสามารถทางวิชาการ และศักยภาพของสถาบันในการผลิตองค์ความรู้และสร้างสรรค์นวัตกรรมทางวิชาการ การผลิตผลงานทางวิชาการจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพอาจารย์และเป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงโดยตรงต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ซึ่งถือเป็นดัชนีคุณภาพของมหาวิทยาลัยในระดับประเทศและระดับสากล อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการผลิตผลงานทางวิชาการจะเป็นภารกิจสำคัญของอาจารย์ แต่การดำเนินงานดังกล่าวมักประสบกับข้อจำกัดหลายประการ เช่น ภาระงานสอนที่สูง ความเหนื่อยล้าจากงานประจำ การขาดแคลนทรัพยากรด้านเทคโนโลยี รวมถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ยังไม่เอื้อต่อการสร้างสรรค์ผลงานทางวิชาการ ทำให้การเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของอาจารย์เป็นไปอย่างล่าช้าและไม่เป็นไปตามเป้าหมายของหน่วยงาน

มหาวิทยาลัยพะเยาตระหนักถึงความท้าทายที่อาจารย์ต้องเผชิญในการผลิตผลงานทางวิชาการและการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ จึงได้ขับเคลื่อนนโยบายเชิงรุกเพื่อสนับสนุนอาจารย์อย่างต่อเนื่อง ทั้งการจัดสรรทุนวิจัยภายในและภายนอก ทุนพัฒนาองค์ความรู้ ทุนวิจัยมุ่งเป้า การสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานระดับชาติและนานาชาติ

ตลอดจนการจัดอบรมเพื่อเพิ่มศักยภาพด้านการทำวิจัยและการเขียนบทความ เพื่อช่วยลดอุปสรรคและส่งเสริมการผลิตผลงานทางวิชาการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การสนับสนุนดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์ที่มุ่งยกระดับคุณภาพงานวิจัยและศักยภาพอาจารย์อย่างเป็นระบบ ซึ่งสะท้อนผ่านผลการจัดอันดับ Times Higher Education World University Rankings ที่มหาวิทยาลัยพะเยาอยู่ในอันดับ 1501+ ของโลก อันเป็นหลักฐานสำคัญของการขับเคลื่อนด้านวิชาการและการพัฒนาบุคลากรอย่างจริงจังในระดับสถาบัน (มหาวิทยาลัยพะเยา, 2567)

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้ขับเคลื่อนนโยบายสนับสนุนของมหาวิทยาลัยลงสู่การปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง ทั้งการส่งเสริมให้อาจารย์เข้าถึงทุนวิจัยภายในมหาวิทยาลัย การสนับสนุนการสมัครรับทุนจากแหล่งทุนภายนอก การจัดอบรมเชิงวิชาการจากผู้เชี่ยวชาญโดยตรง และการจัดสรรทุนวิจัยระดับคณะเพื่อสร้างบรรยากาศทางวิชาการที่เอื้อต่อการผลิตผลงานวิจัยอย่างเข้มแข็ง นอกจากนี้ คณะยังมีอาจารย์ที่มีศักยภาพโดดเด่นในระดับมหาวิทยาลัย ระดับประเทศ และระดับนานาชาติ ซึ่งสะท้อนผ่านผลการจัดอันดับ AD Scientific Index ที่ระบุว่ามีอาจารย์ของคณะติดอยู่ในกลุ่มนักวิจัยที่มีศักยภาพสูงของมหาวิทยาลัยพะเยาและเป็นที่ยอมรับในลำดับประเทศและระดับสากล

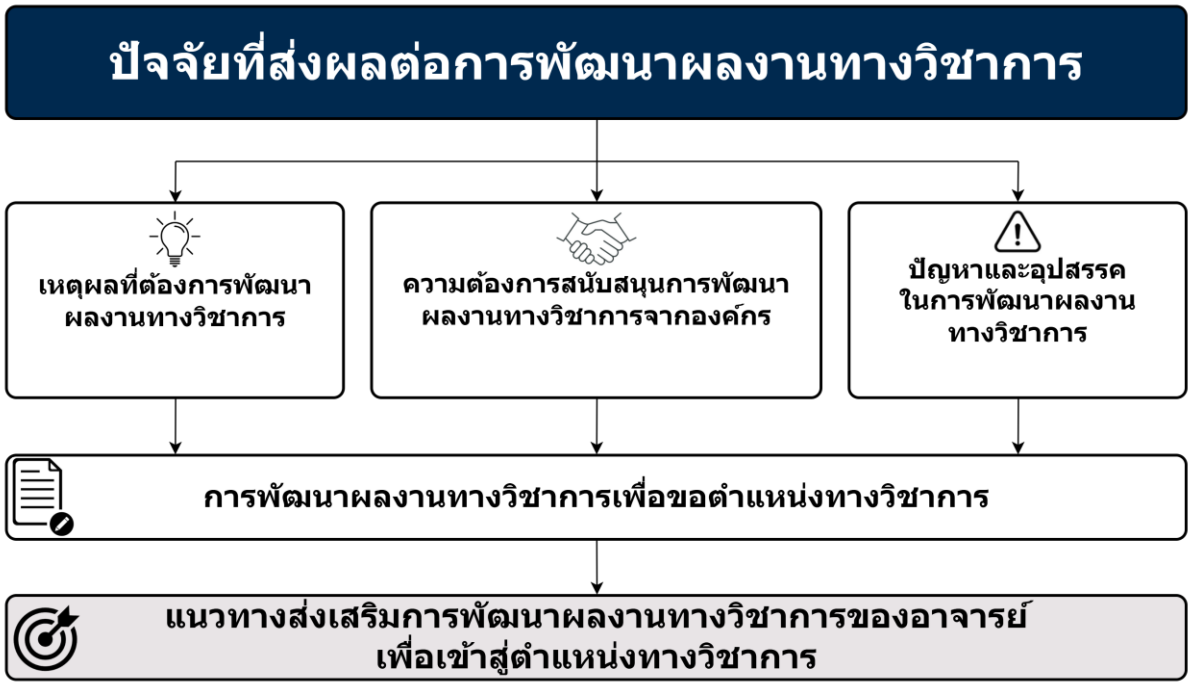
แม้จะมีอาจารย์ที่เป็นกำลังสำคัญในการสร้างสรรค์ผลงานวิจัยคุณภาพสูง แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับจำนวนอาจารย์ทั้งหมดของคณะแล้ว พบว่าสัดส่วนของผู้ที่สามารถผลิตผลงานวิจัยโดดเด่นในระดับดังกล่าวยังมีไม่มากนัก สะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างที่ยังมีอยู่ในด้านศักยภาพรวมของบุคลากร อีกทั้งจากบริบทการทำงานจริงยังพบข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความเพียงพอของงบประมาณสนับสนุนงานวิจัย อุปกรณ์และทรัพยากรด้านเทคโนโลยีที่ยังต้องพัฒนา รวมถึงความจำเป็นของการมีระบบพี่เลี้ยงเพื่อให้คำปรึกษาในกระบวนการวิจัยและการขอตำแหน่งทางวิชาการ ปัจจัยเหล่านี้ยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการยกระดับคุณภาพผลงานทางวิชาการของคณะโดยรวม

ปัจจุบัน จำนวนอาจารย์ที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการของคณะยังไม่ถึงครึ่งหนึ่งของบุคลากรสายวิชาการทั้งหมด ซึ่งสะท้อนว่าการสนับสนุนที่มี แม้จะมีความพยายามขับเคลื่อนอย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่สามารถตอบโจทย์ความต้องการของอาจารย์ได้อย่างทั่วถึง และยังคงมีช่องว่างระหว่างนโยบายกับผลลัพธ์จริงในระดับคณะ ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะผู้ปฏิบัติงานด้านการบริหารงานบุคคล ซึ่งมีบทบาทในการวางแผนและพัฒนาทรัพยากรบุคคล การสนับสนุนความก้าวหน้าทางวิชาชีพ และการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลงานและการขอตำแหน่งทางวิชาการ จึงเห็นความจำเป็นในการศึกษาปัจจัยและแนวทางบริหารทรัพยากรบุคคลเพื่อส่งเสริมการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ โดยมุ่งทำความเข้าใจ เหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงาน ความต้องการการสนับสนุนจากองค์กร และปัญหา–อุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับผู้บริหารในการตัดสินใจเชิงนโยบายด้านการบริหารทรัพยากรบุคคล พร้อมใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดแนวทางหรือมาตรการสนับสนุนที่ตอบสนองต่อความต้องการของอาจารย์ได้อย่างตรงจุด และเสริมศักยภาพในการผลิตผลงานและการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์
2. เพื่อเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยแต่ละด้านที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ
3. เพื่อสังเคราะห์แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบสำรวจ (Survey Research) โดยมุ่งศึกษาปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ ความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร และปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา และนำผลมาวิเคราะห์เพื่อเสนอแนะแนวทางการบริหารทรัพยากรบุคคลเชิงนโยบาย

ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวนทั้งสิ้น 66 คน ซึ่งประกอบด้วยอาจารย์ใน 8 สาขาวิชา ได้แก่ ธุรกิจดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาการข้อมูลและการประยุกต์ ภูมิสารสนเทศศาสตร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย และวิศวกรรมซอฟต์แวร์

ในช่วงเวลาที่ดำเนินการวิจัย พบว่า มีอาจารย์ลาศึกษาต่อจำนวน 5 คน จึงไม่สามารถเข้าร่วมให้ข้อมูลได้ ส่งผลให้จำนวนอาจารย์ที่ปฏิบัติงานจริงและมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตผลงานทางวิชาการและการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ มีจำนวน 61 คน จึงถือเป็นกลุ่มประชากรที่เหมาะสมต่อการศึกษาในครั้งนี้

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่โครงการ UP-HEC 2.2/060/66

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถาม 5 ระดับ (Five-point Likert Scale) โดยพัฒนาขึ้นตามวัตถุประสงค์การวิจัยและอิงจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ 3 ด้าน

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะแบบปลายเปิด

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับการตรวจสอบคุณภาพอย่างเป็นระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือสามารถวัดประเด็นการวิจัยได้อย่างถูกต้องและเชื่อถือได้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผ่านการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย และคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีอยู่ในช่วง 0.67 – 1.00 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมและแสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ดี จากนั้น ผู้วิจัยได้ทดสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) โดยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มต่างคณะที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับประชากรจริงจำนวน 20 คน เพื่อประเมินความสม่ำเสมอภายในของแบบสอบถาม ผลการคำนวณค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธี Cronbach's Alpha พบว่าเท่ากับ 0.92 ซึ่งอยู่ในระดับสูง แสดงว่าแบบสอบถามมีความเชื่อถือได้และสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริงได้อย่างเหมาะสม

2. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ใช้สำหรับการบันทึก ตรวจสอบข้อมูล วิเคราะห์เชิงสถิติ และแปรผลการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในระหว่างการประชุมจัดทำแผนของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อาจารย์ผู้ปฏิบัติงานจริงส่วนใหญ่เข้าร่วมประชุม ผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามฉบับกระดาษให้แก่ผู้เข้าร่วมทั้งหมด พร้อมอธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัย เนื้อหาของแบบสอบถาม สิทธิในการปฏิเสธการตอบ และการรักษาความลับของข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันก่อนตอบแบบสอบถาม สำหรับอาจารย์บางส่วนที่ไม่ได้เข้าร่วมการประชุมดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการติดตามและแจกแบบสอบถามให้เป็นรายบุคคลในเวลาต่อมา พร้อมคำชี้แจงที่เหมือนกับผู้ตอบท่านอื่น เพื่อให้ทุกคนได้รับข้อมูลประกอบการตอบแบบสอบถามอย่างเท่าเทียมกัน หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้รวบรวมแบบสอบถามคืนจากอาจารย์ทั้ง 61 คนครบทุกฉบับ คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 100 (Response rate = 100%) ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความครบถ้วน สมบูรณ์ และพร้อมสำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติ

กระบวนการเก็บข้อมูลทั้งหมดดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยผู้วิจัยได้ขอความยินยอมโดยสมัครใจจากผู้ตอบแบบสอบถามก่อนเริ่มการตอบทุกครั้ง ทั้งนี้ ไม่มีการระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนบุคคลใด ๆ ในแบบสอบถาม และข้อมูลทั้งหมดถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการวิจัยเท่านั้น โดยคำนึงถึงสิทธิ ความสมัครใจ และความเป็นส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถามอย่างเคร่งครัด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนาเป็นหลัก เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปและระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลงานทางวิชาการ โดยแบ่งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ประกอบด้วย ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean: μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: σ)

2. เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย (Likert 5-level Interpretation) โดยมีเกณฑ์การแปลผลดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 = มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 = มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 = ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 = น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 = น้อยที่สุด

3. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างด้าน (Descriptive Comparison) ใช้เพื่อเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของปัจจัยทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ ด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร และด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ เพื่อระบุว่าปัจจัยใดส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการมากที่สุด

การวิเคราะห์ในลักษณะนี้เลือกใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเชิงพรรณนา แทนการใช้สถิติอนุมาน (เช่น t-test, ANOVA) เนื่องจากงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลจากประชากรทั้งหมดของอาจารย์ผู้ปฏิบัติงานจริงจำนวน 61 คน จึงไม่ใช่การเปรียบเทียบระหว่าง “กลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม” หากแต่เป็นการเปรียบเทียบ “ค่าเฉลี่ยของหมวดปัจจัยภายในแบบสอบถาม” จึงไม่จำเป็นต้องใช้การทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม

ผลการศึกษา

เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยทั้งสามข้อ ได้แก่ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ การเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยแต่ละด้าน และการสังเคราะห์แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้วิจัยจึงนำเสนอข้อมูลลักษณะพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 61 คน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลด้านเพศ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ทำงาน เพื่อใช้ในการอธิบายบริบทและองค์ประกอบของประชากรที่ใช้ในการศึกษาเท่านั้น โดยข้อมูลดังกล่าวมิได้นำมาใช้เป็นตัวแปรในการจำแนกกลุ่มหรือเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ผลการวิจัยในส่วนถัดไปเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมของอาจารย์ทั้งหมด ตามที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ	จำนวน (คน)	คิดเป็นร้อยละ
เพศชาย	43	70.50
เพศหญิง	18	29.50
ระดับการศึกษาปริญญาโท	28	45.90
ระดับการศึกษาปริญญาเอก	33	54.10
ประสบการณ์ทำงาน 1–5 ปี	9	14.75
ประสบการณ์ทำงาน 6–10 ปี	17	27.87
ประสบการณ์ทำงาน มากกว่า 10 ปี	35	57.38
รวม	61	100.00

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 61 คน พบว่า ผู้ตอบส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 70.50 เพศหญิงมีจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 29.50 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่มีวุฒิระดับปริญญาเอก จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 54.10 รองลงมาคือ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 45.90 ระยะเวลาการปฏิบัติงาน พบว่า ผู้ตอบส่วนใหญ่ มีประสบการณ์ทำงาน มากกว่า 10 ปี จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 57.38 รองลงมาคือ กลุ่มที่มีประสบการณ์ทำงาน 6–10 ปี จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 27.87 และกลุ่มที่มีประสบการณ์ 1–5 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 14.75 ตามลำดับ

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ

เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้สามารถอธิบายและตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ ซึ่งประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ 2) ปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร และ 3) ปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ โดยสรุปผลจากค่าระดับความคิดเห็นเฉลี่ยตามที่แสดงในตารางที่ 2–4

ตารางที่ 2 ปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ

รายการ	μ	σ	ระดับการแปรผล
1. ต้องการสร้างชื่อเสียงให้เป็นที่ยอมรับในวงวิชาการ	3.66	0.91	มาก
2. ต้องการตอบสนองความต้องการค้นคว้า/เพิ่มพูนความรู้ของตนเอง	4.33	0.70	มาก
3. ต้องการความก้าวหน้าในตำแหน่งทางวิชาการ	4.28	0.80	มาก
4. ต้องการใช้ผลงานทางวิชาการไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอน	4.05	0.67	มาก
5. ต้องการตอบสนองข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการของผู้มีตำแหน่งทางวิชาการของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)	3.67	0.93	มาก
รวม	**4.00**	**0.85**	มาก

จากตารางที่ 2 ปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ=4.00, σ=0.85) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ต้องการตอบสนองความต้องการค้นคว้า/เพิ่มพูนความรู้ของตนเอง” (μ=4.33, σ=0.70) รองลงมาคือ “ต้องการความก้าวหน้าในตำแหน่งทางวิชาการ” (μ=4.28, σ=0.80)

ตารางที่ 3 ปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร

รายการ	μ	σ	ระดับการแปรผล
1. จัดประชุม/อบรม/สัมมนา หรือเชิญวิทยากรมาให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องด้านการพัฒนาผลงานทางวิชาการเพื่อขอตำแหน่งทางวิชาการอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง	3.59	0.96	มาก
2. จัดให้มีการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการขอตำแหน่งทางวิชาการในหลายช่องทาง เช่น เว็บไซต์ ติดประกาศ จดหมายข่าว หนังสือเวียนแจ้ง ฯลฯ	3.84	0.83	มาก
3. จัดระบบพี่เลี้ยงให้กับอาจารย์ที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ	4.08	0.80	มาก
4. จัดสรรกองทุนกู้ยืมเพื่อพัฒนาผลงานทางวิชาการ	3.64	1.16	มาก
5. จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น คอมพิวเตอร์บริการอินเทอร์เน็ต สถานที่ ฯลฯ อย่างเพียงพอ	4.16	0.97	มาก
รวม	**3.87**	**0.98**	มาก

จากตารางที่ 3 ปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร พบว่า ภาพรวมของปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กรอยู่ในระดับมาก (μ=3.87, σ=0.98) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “จัดหาเครื่องมือและความสะดวก เช่น คอมพิวเตอร์บริการ อินเทอร์เน็ต สถานที่ ฯลฯ อย่างเพียงพอ” (μ=4.16, σ=0.97) รองลงมาคือ “จัดระบบพี่เลี้ยงให้กับอาจารย์ที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ” (μ=4.08, σ=0.80)

ตารางที่ 4 ปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ

รายการ	μ	σ	ระดับการแปรผล
1. ขาดความรู้และความเข้าใจในหลักเกณฑ์และวิธีการขอตำแหน่งทางวิชาการ	3.15	0.93	ปานกลาง
2. ขาดความเข้าใจในลักษณะผลงานทางวิชาการ	3.25	0.99	ปานกลาง
3. ขาดแหล่งทุนสนับสนุนการทำผลงานทางวิชาการ	3.62	0.90	มาก
4. เหนื่อยล้าจากการทำงานประจำ ต้องการพักผ่อน	3.84	0.93	มาก
5. ไม่มีเวลาเพราะภาระงานสอนมาก	3.72	0.88	มาก
รวม	**3.51**	**0.96**	มาก

จากตารางที่ 4 ปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ พบว่า ภาพรวมของปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการอยู่ในระดับมาก (μ=3.51, σ=0.96) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “เหนื่อยล้าจากภาระงานประจำ ต้องการพักผ่อน” (μ=3.84, σ=0.93) รองลงมาคือ “ไม่มีเวลาเพราะภาระงานสอนมาก” (μ=3.72, σ=0.88)

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยแต่ละด้านที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ

เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถอธิบายและตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ผู้วิจัยจึงนำเสนอการเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยทั้งสามด้าน โดยสรุปผลจากค่าระดับความคิดเห็นเฉลี่ยตามที่แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยทั้งสามด้านที่มีส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ

รายการ	μ	σ	ระดับการแปรผล
1. ด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ	4.00	0.85	มาก
2. ด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร	3.87	0.98	มาก
3. ด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ	3.51	0.96	มาก

จากตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยทั้งสามด้านที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ พบว่า ปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (μ=4.00, σ=0.85) รองลงมาคือ ปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร (μ=3.87, σ=0.98) และด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ (μ=3.51, σ=0.96)

ผลการศึกษาการสังเคราะห์แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ

เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถอธิบายและตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ผู้วิจัยจึงสังเคราะห์แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ โดยอาศัยผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ ได้แก่ ด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ ด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร และด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ (ตารางที่ 2–4) สามารถสรุปเป็นแนวทางสำคัญดังนี้

1. แนวทางด้านการสร้างแรงจูงใจและความก้าวหน้าในวิชาชีพ

ผลการศึกษาตามตารางที่ 2 พบว่า ปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ มีค่าเฉลี่ยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ=4.00, σ=0.85) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ “ต้องการตอบสนองความต้องการค้นคว้า/เพิ่มพูนความรู้ของตนเอง” (μ=4.33, σ=0.70) รองลงมาคือ “ต้องการความก้าวหน้าในตำแหน่งทางวิชาการ” (μ=4.28, σ=0.80) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าอาจารย์ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาความรู้และการเติบโตในสายวิชาการอย่างชัดเจน ดังนั้น แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลควรมุ่งสร้างบรรยากาศและระบบสนับสนุนที่เอื้อต่อการแสวงหาความรู้ใหม่อย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมให้มีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมทางวิชาการ การอบรม และการพัฒนาศักยภาพด้านการวิจัย เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจของอาจารย์ในการผลิตผลงานทางวิชาการอย่างต่อเนื่อง

2. แนวทางด้านการสนับสนุนจากองค์กรและทรัพยากรที่เพียงพอ

ผลการศึกษาตามตารางที่ 3 พบว่า ปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร มีค่าเฉลี่ยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ=3.87, σ=0.98) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูง คือ “จัดหาเครื่องอำนวยความสะดวก เช่น คอมพิวเตอร์ บริการอินเทอร์เน็ต สถานที่ ฯลฯ อย่างเพียงพอ” (μ=4.16, σ=0.97)

รองลงมาคือ “จัดระบบพี่เลี้ยงให้กับอาจารย์ที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ” (μ=4.08, σ=0.80) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าอาจารย์คาดหวังการสนับสนุนเชิงโครงสร้างและทรัพยากรจากองค์กรอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลจึงควรให้ความสำคัญกับการจัดสรรทรัพยากร วัสดุอุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่จำเป็นต่อการวิจัยและการเขียนผลงาน เช่น คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง และสถานที่ทำวิจัยที่เหมาะสม ตลอดจนการพัฒนาระบบพี่เลี้ยงทางวิชาการเพื่อให้คำปรึกษา ช่วยตรวจทาน และให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะช่วยลดอุปสรรคเชิงโครงสร้างและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตผลงานทางวิชาการของอาจารย์

3. แนวทางด้านการจัดการภาระงานและดูแลสุขภาวการณ์ทำงานของอาจารย์

ผลการศึกษาตามตารางที่ 4 พบว่า ปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการมีค่าเฉลี่ยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ=3.51, σ=0.96) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ “เหนื่อยล้าจากการทำงานประจำ ต้องการพักผ่อน” (μ=3.84, σ=0.93) รองลงมาคือ “ไม่มีเวลาเพราะภาระงานสอนมาก” (μ=3.72, σ=0.88) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าภาระงานประจำและภาระงานสอนเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการจัดทำผลงานทางวิชาการ ดังนั้น แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลควรมุ่งเน้นการบริหารภาระงานให้เหมาะสม ลดภาระงานที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับภารกิจทางวิชาการ จัดสรรเวลาให้มีช่วงสำหรับการวิจัยและเขียนผลงานอย่างเพียงพอ รวมถึงสนับสนุนมาตรการดูแลสุขภาวะการทำงาน เพื่อลดความเหนื่อยล้าและเพิ่มสมดุลระหว่างภาระงานประจำกับการผลิตผลงานทางวิชาการ ซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงและพัฒนาตำแหน่งทางวิชาการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุปผลและอธิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์ 2) เปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยแต่ละด้านที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ และ 3) สังเคราะห์แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ประชากรคือ อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 61 คน เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สรุปผลได้ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก และมีประสบการณ์ทำงานมากกว่า 10 ปี

2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์

2.1 ด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ=4.00, σ=0.85) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “ต้องการตอบสนองความต้องการค้นคว้าหรือเพิ่มพูนความรู้ของตนเอง (μ=4.33, σ=0.70) รองลงมาได้แก่ “ต้องการความก้าวหน้าในตำแหน่งทางวิชาการ” (μ=4.28, σ=0.80)

2.2 ด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ=3.87, σ=0.98) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “จัดหาเครื่องมือและความสะดวก เช่น คอมพิวเตอร์บริการ อินเทอร์เน็ต สถานที่ ฯลฯ อย่างเพียงพอ” (μ=4.16, σ=0.97) รองลงมาคือ “จัดระบบพี่เลี้ยงให้กับอาจารย์ที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ” (μ=4.08, σ=0.80)

2.3 ด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ=3.51, σ=0.96) รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “เหนื่อยล้าจากภาระงานประจำ ต้องการพักผ่อน” (μ=3.84, σ=0.93) รองลงมาคือ “ไม่มีเวลาเพราะภาระงานสอนมาก” (μ=3.72, σ=0.88)

3. ผลการเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยแต่ละด้านที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ

พบว่า ระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยทั้งสามด้าน อยู่ในระดับมากทุกด้าน ปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ ด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ (μ=4.00, σ=0.85) รองลงมาคือ ด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร (μ=3.87, σ=0.98) และด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากเช่นกัน (μ=3.51, σ=0.96)

4. สังเคราะห์แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ

พบว่า แนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลที่ส่งผลต่อการสนับสนุนการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ประกอบด้วย 3 ประเด็นสำคัญ ได้แก่

4.1 แนวทางด้านการเสริมแรงจูงใจและความก้าวหน้าในวิชาชีพ โดยอาจารย์ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาความรู้และความก้าวหน้าทางวิชาการ โดยเฉพาะรายการ “ต้องการตอบสนองความต้องการค้นคว้าหรือเพิ่มพูนความรู้ของตนเอง” และ “ต้องการความก้าวหน้าในตำแหน่งทางวิชาการ”

4.2 แนวทางด้านการสนับสนุนจากองค์กรและทรัพยากรที่เพียงพอ ซึ่งสะท้อนว่าการจัดสรรทรัพยากร เช่น คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต และการจัดระบบพี่เลี้ยงทางวิชาการ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การผลิตผลงานทางวิชาการมีประสิทธิภาพ

4.3 แนวทางด้านการจัดการภาระงานและดูแลสุขภาวการณ์ทำงานของอาจารย์ ซึ่งพบว่าภาระงานประจำและภาระงานสอนที่มาก เป็นอุปสรรคสำคัญที่ต้องได้รับการจัดการเพื่อเพิ่มโอกาสในการผลิตผลงานทางวิชาการได้อย่างต่อเนื่อง

อภิปรายผลการวิจัย

ปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการอยู่ในระดับ “มาก” (μ=4.00, σ=0.85) สะท้อนว่าอาจารย์มีแรงจูงใจเชิงบวกต่อการสร้างสรรค์ผลงานวิชาการ โดยเฉพาะแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) เช่น ความต้องการพัฒนาความรู้และเพิ่มพูนศักยภาพของตนเอง ซึ่งปรากฏเป็นรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (μ=4.33, σ=0.70) รองลงมาคือ ต้องการความก้าวหน้าในตำแหน่งทางวิชาการ (μ=4.28, σ=0.80) ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับแนวคิด Achievement Motivation Theory ของ McClelland (1985) ที่ระบุว่า ผู้มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต้องการพิสูจน์ความสามารถและมุ่งสู่ความสำเร็จในอาชีพ ตรงกับลักษณะของอาจารย์ในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่มุ่งพัฒนาความรู้และก้าวหน้าในวิชาชีพอย่างเด่นชัด ผลวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทรงสิริ วิชิรานนท์ (2552) ที่พบว่า อาจารย์ต้องการทำผลงานทางวิชาการเพื่อสนองตอบความต้องการค้นคว้าของตนเอง และสอดคล้องกับ ฐิตาภา ทองไชย (2562) ที่ชี้ว่าอาจารย์ให้ความสำคัญกับการพัฒนาตนเองและการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการอย่างมาก แสดงให้เห็นว่าแรงจูงใจด้านการเพิ่มพูนความรู้และความก้าวหน้าเป็นปัจจัยสำคัญในบริบทสถาบันอุดมศึกษาทั้งหลายอย่างต่อเนื่อง

ปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กรอยู่ในระดับ “มาก” (μ=3.87, σ=0.98) สะท้อนว่าอาจารย์ยังต้องการการสนับสนุนในหลายมิติ ทั้งด้านทรัพยากร เทคโนโลยี พื้นที่ทำงาน และระบบช่วยเหลือทางวิชาการ เพื่อให้สามารถสร้างผลงานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ

"การจัดหาอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต และสถานที่ทำงาน" (μ=4.16, σ=0.97) รองลงมาคือ "การจัดระบบพี่เลี้ยงให้กับอาจารย์ที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ" (μ=4.08, σ=0.80) ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นของการได้รับคำปรึกษาเชิงลึกและการสนับสนุนด้านองค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ ทรงสิริ วิชิรานนท์ (2552) ที่พบว่า อาจารย์ต้องการข้อมูล ข่าวสาร เอกสาร คู่มือ และการอบรมอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนับสนุนการทำผลงานทางวิชาการ และยังสอดคล้องกับแนวคิดการรับรู้การสนับสนุนจากองค์กร (Perceived Organizational Support: POS) ของ Eisenberger et al. (1986) ซึ่งระบุว่า เมื่อบุคลากรรับรู้ว่าองค์กรให้ทรัพยากร ความช่วยเหลือ และความใส่ใจที่เพียงพอ จะเกิดแรงจูงใจ ความมุ่งมั่น และประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยที่แสดงว่าการสนับสนุนเชิงสถาบันเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการผลิตผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพและต่อเนื่อง

ปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการอยู่ในระดับ "มาก" (μ=3.51, σ=0.96) สะท้อนว่าอาจารย์ยังประสบข้อจำกัดหลายประการที่กระทบต่อการสร้างผลงานอย่างต่อเนื่อง โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ "เหนื่อยล้าจากภาระงานประจำ ต้องการพักผ่อน" (μ=3.84, σ=0.93) รองลงมาคือ "ไม่มีเวลาเพราะภาระงานสอนมาก" (μ=3.72, σ=0.88) แสดงให้เห็นชัดเจนว่า "เวลา" เป็นทรัพยากรที่ขาดแคลนที่สุด เนื่องจากภาระงานสอน งานบริหาร และงานบริการวิชาการมีปริมาณสูง ส่งผลให้ความสามารถในการจัดสรรเวลาเพื่อผลิตผลงานวิชาการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ พรนิภา วิจารณ์จิต (2565) ที่พบว่า ภาระงานสอนและงานบริหารเป็นอุปสรรคสำคัญต่อโอกาสในการทำผลงานทางวิชาการ และ "ขาดเวลา" เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากที่สุด อีกทั้งยังสอดคล้องกับ ศรีวิสา ตลับทอง (2565) ที่รายงานว่า อาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประสบปัญหาในหลายมิติ ทั้งภาระงานที่มากเกิน การทำงานนอกเวลาราชการ การขาดแคลนทรัพยากร และการไม่มีผู้ให้คำปรึกษาเชิงลึก ซึ่งล้วนส่งผลต่อความมั่นใจและทักษะในการผลิตผลงานวิชาการ สอดคล้องกับผลการวิจัยนี้ที่ชี้ว่าอาจารย์ต้องการ "ระบบพี่เลี้ยงทางวิชาการ" เพื่อช่วยลดอุปสรรคและเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างผลงานทางวิชาการ

การเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของอาจารย์ต่อปัจจัยทั้งสามด้านที่มีส่งผลต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการ เมื่อพิจารณาเชิงเปรียบเทียบ พบว่า "ปัจจัยด้านเหตุผลที่ต้องการพัฒนาผลงานทางวิชาการ" มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (μ=4.00, σ=0.85) สะท้อนว่าแรงจูงใจภายใน เช่น ความต้องการพัฒนาความรู้ การเพิ่มศักยภาพทางวิชาชีพ และความก้าวหน้าในตำแหน่ง เป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญของอาจารย์ ซึ่งสอดคล้องกับ Achievement Motivation Theory ของ McClelland (1985) และงานวิจัยของ ฐิตาภา ทองไชย (2562) และประภาพร ถึกกวย (2556) ที่รายงานว่าอาจารย์มักถูกผลักดันด้วยเป้าหมายทางวิชาการและความก้าวหน้าในอาชีพ รองลงมาคือ "ปัจจัยด้านความต้องการสนับสนุนการพัฒนาผลงานทางวิชาการจากองค์กร" (μ=3.87, σ=0.98) สะท้อนว่าอาจารย์ยังต้องการการสนับสนุนเชิงระบบ เช่น อุปกรณ์ เทคโนโลยี สถานที่ ระบบพี่เลี้ยง และแหล่งข้อมูล เพื่อให้สามารถผลิตผลงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานของ ทรงสิริ วิชิรานนท์ (2552) และแนวคิด Perceived Organizational Support (POS) ของ Eisenberger et al. (1986) ที่อธิบายว่าการรับรู้ถึงการสนับสนุนจากองค์กรช่วยเพิ่มแรงจูงใจและประสิทธิภาพในการทำงานของบุคลากร สำหรับ "ปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ" แม้จะอยู่ในระดับมากเช่นกัน (μ=3.51, σ=0.96) แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด แสดงว่าอาจารย์ยังเผชิญข้อจำกัดสำคัญ เช่น ภาระงานสอน งานบริหาร และเวลาที่ไม่เพียงพอ ซึ่งส่งผลกระทบต่อโอกาสและความต่อเนื่องในการผลิตผลงานทางวิชาการ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรนิภา วิจารณ์จิต (2565) และศรีวิสา ตลับทอง (2565) ที่ระบุว่าภาระงานสูงเป็นอุปสรรคหลักที่ทำให้การขอตำแหน่งทางวิชาการล่าช้า ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าแรงจูงใจภายในเป็นตัวผลักดันสำคัญที่สุด รองลงมาคือการสนับสนุนจากองค์กร

ขณะที่ข้อจำกัดด้านภาระงานและเวลาเป็นอุปสรรคที่ยังต้องได้รับการแก้ไขเชิงนโยบายเพื่อเสริมคุณภาพและความต่อเนื่องของการผลิตผลงานทางวิชาการ

ข้อเสนอแนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ

จากผลการวิจัยพบว่า อาจารย์มีแรงจูงใจภายในในการพัฒนาผลงานทางวิชาการอยู่ในระดับมาก ต้องการการสนับสนุนจากองค์กรทั้งด้านทรัพยากรและระบบพี่เลี้ยง และยังประสบปัญหาจากภาระงานสอนและงานประจำที่สูง ดังนั้น จึงเสนอแนวทางเชิงบริหารทรัพยากรบุคคลในการส่งเสริมการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การส่งเสริมแรงจูงใจภายในและความก้าวหน้าในวิชาชีพ

1.1 ควรจัดกิจกรรมหรือโครงการพัฒนาความรู้และทักษะทางวิชาการของอาจารย์อย่างต่อเนื่อง เช่น โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการวิจัย การเขียนบทความวิจัย/บทความวิชาการ และการเตรียมขอตำแหน่งทางวิชาการ เพื่อสนองตอบความต้องการค้นคว้าและเพิ่มพูนความรู้ของอาจารย์

1.2 ควรส่งเสริมระบบรางวัลสร้างขวัญและกำลังใจและการยกย่องเชิดชูเกียรติด้านผลงานทางวิชาการ เช่น รางวัลอาจารย์ต้นแบบด้านผลงานวิจัย รางวัลอาจารย์ที่ได้รับตำแหน่งทางวิชาการ และการเผยแพร่ตัวอย่างความสำเร็จของอาจารย์ที่มีผลงานเด่น อย่างต่อเนื่อง เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจเชิงวิชาชีพอย่างแท้จริง

1.3 ควรกำหนดแผนพัฒนารายบุคคลด้านผลงานทางวิชาการ (IDP) โดยเชื่อมโยงเป้าหมายการผลิตผลงานและการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการกับแผนพัฒนาบุคลากรรายบุคคล และต้องมีการติดตามความก้าวหน้าอย่างสม่ำเสมอ

2. การสนับสนุนจากองค์กรและทรัพยากรที่เพียงพอ

2.1 ควรจัดสรรอุปกรณ์ เทคโนโลยี และสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสมและเพียงพอ เช่น คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ซอฟต์แวร์วิจัย และพื้นที่ทำงานสำหรับการทำวิจัย/เขียนผลงานโดยเฉพาะตามความต้องการที่สะท้อนจากผลวิจัย

2.2 ควรพัฒนาศูนย์หรือหน่วยสนับสนุนงานวิชาการและการวิจัยแบบเบ็ดเสร็จ เช่น บริการให้คำปรึกษาทางสถิติ การออกแบบวิจัย การตรวจรูปแบบต้นฉบับ การแปลภาษา และการให้ข้อมูลทุนวิจัย/ทุนตีพิมพ์ เพื่อช่วยลดภาระเชิงเทคนิคของอาจารย์

2.3 ควรจัดงบประมาณและทุนสนับสนุนเฉพาะด้านผลงานทางวิชาการอย่างเหมาะสม เช่น ทุนสนับสนุนการเก็บข้อมูลวิจัย ทุนสนับสนุนค่าตีพิมพ์ และทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ เพื่อเพิ่มโอกาสและความพร้อมในการสร้างผลงานอย่างต่อเนื่อง

2.4 ควรพัฒนาระบบพี่เลี้ยงทางวิชาการอย่างเป็นระบบ เช่น จัดตั้งระบบพี่เลี้ยงหรือที่ปรึกษาทางวิชาการโดยมอบหมายอาจารย์ที่มีประสบการณ์ด้านวิจัยหรือมีตำแหน่งทางวิชาการให้ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาอย่างต่อเนื่อง พร้อมกำหนดบทบาท หน้าที่ และตัวชี้วัดความสำเร็จที่ชัดเจน เช่น การช่วยวางแผนงานวิจัย ตรวจทานผลงาน และให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ ตลอดจนติดตามความก้าวหน้าร่วมกัน นอกจากนี้ควรสนับสนุนชุมชนนักวิจัยและเครือข่ายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านการประชุมกลุ่มย่อยหรือกิจกรรมแลกเปลี่ยนประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมการช่วยเหลือกันอย่างเป็นระบบ

3. การจัดการภาระงานและดูแลสุขภาวการณ์ทำงานของอาจารย์

3.1 ควรมีการทบทวนและปรับเกณฑ์ภาระงานสอนและงานบริหารของอาจารย์ โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ระหว่างการจัดทำผลงานเพื่อขอตำแหน่งทางวิชาการ ให้มีการลดภาระงานสอนหรือภาระงานบริหารในช่วงระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้มีเวลาเพียงพอสำหรับการทำวิจัยและเขียนผลงาน

3.2 ควรจัดระบบสนับสนุนงานประจำและงานบริการวิชาการ เช่น การใช้ผู้ช่วยสอน/อาจารย์พิเศษในบางรายวิชา เพื่อลดภาระงานที่ไม่ใช่งานวิชาการโดยตรงของอาจารย์

3.3 ควรวางแผนปฏิทินงานวิชาการและภาระงานล่วงหน้า โดยกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำผลงานทางวิชาการ และหลีกเลี่ยงการจัดกิจกรรมหรืองานโครงการสำคัญทับซ้อนในช่วงที่อาจารย์ต้องเตรียมขอตำแหน่งทางวิชาการ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณหน่วยงานเป็นอย่างยิ่งที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณและเอื้ออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ฐิตาภา ทองไชย. (2562). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. รายงานวิจัย. กองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ทรงสิริ วิชิรานนท์. (2552). การทำผลงานทางวิชาการเพื่อดำรงตำแหน่งวิชาการของอาจารย์คณะศิลปะศาสตร์. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 3(2), 167–179.

ประภาพร ถึกกวย. (2556). แนวทางการพัฒนาการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของอาจารย์มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal. 6(3), 92–109.

พรนิภา วิจารณ์จิต. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการทำผลงานวิชาการเพื่อขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการของอาจารย์ประจำกลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. วารสารวิชาการธรรมทรรศน์. 22(3). 81–93.

มหาวิทยาลัยพะเยา. (2567). มหาวิทยาลัยพะเยาติดอันดับ Times Higher Education World University Rankings 2024 กลุ่มอันดับ 1501+ ของโลก. สืบค้นจาก https://www.up.ac.th/NewsRead.aspx?itemID=36204

ศรีวิสา ตลับทอง. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการที่สูงขึ้นของคณาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (รายงานวิจัยสถาบัน). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Eisenberger, R., Huntington, R., Hutchison, S., & Sowa, D. (1986). Perceived organizational support. Journal of Applied Psychology, 71(3), 500–507.

McClelland, D.C., (1985). Human motivation. Chicago: Scott, Foresman.

Oral Presentation

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเจลต้านการอักเสบ จากสารสกัดไพลและดีปลี

Development of prototype anti-inflammatory gel from *Zingiber Cassumunar* roxb. and *Piper Retrofractum* vahl. extracts

นิภาพร ไทยพัฒนกิจ[1] พรรณนิภา เจ๊กแตงพะเนาว์[2] จตุพร ประทุมเทศ[1] รัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์[1] และ ปราณี ศรีราช[1*]

Nipaporn Thaipattanakit[1], Phannipha Chekdaengphanao[2], Jatuporn Prathumtet[1], Ratchadawan Aukkanimart[1] and Pranee Sriraj[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารสำคัญ ฤทธิ์ทางชีวภาพ และพัฒนาเจลสมุนไพรจากสารสกัดหยาบหัวไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb.) และผลดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl.) มีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) พบว่า สารสกัดหัวไพลมีสาร (E)-4-(3,4-Dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol อยู่ในกลุ่มฟีนิลบิวทินอยด์ ส่วนผลดีปลีมีสาร Piperine อยู่ในกลุ่มอัลคาลอยด์ ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ทดสอบปริมาณสารสำคัญพบว่า สารสกัดหัวไพลมีค่า TPC และ TFC สูงสุด 185.95 ± 23.29 mg GAE/g และ 217.80 ± 30.53 mg QCE/g ตามลำดับ การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบพบว่าสารสกัดผลดีปลีมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด 12.89 ± 0.61 µg/mL การประเมินความคงตัวในสภาวะเร่งของเจลสมุนไพรที่พัฒนา 3 สูตร ก่อนและหลังการทดสอบ พบว่าเจลสมุนไพรทุกสูตรมีลักษณะทางกายภาพที่ดี คือ เป็นของกึ่งแข็งกึ่งเหลว เนื้อเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.2-5.4 และมีค่าความหนืดในช่วง 8,712-9,285 cP และเจลสารสกัดผลดีปลีมีประสิทธิภาพยับยั้ง NO สูงสุดทั้งก่อนและหลังการทดสอบความคงตัว (IC_{50} = 16.18 ± 1.02 และ 15.05 ± 1.41 µg/mL, P>0.05) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหัวไพลและผลดีปลีมีศักยภาพในการต้านการอักเสบ และสามารถนำสารสกัดทั้ง 2 ชนิดมาพัฒนาเป็นเจลสมุนไพรที่มีความคงตัวที่ดี จึงมีความพร้อมสำหรับต่อยอดเชิงผลิตภัณฑ์ใช้ภายนอกเพื่อบรรเทาการอักเสบ ลดปวด รวมทั้งเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิจัยทางคลินิกในอนาคต

คำสำคัญ: ไพล ดีปลี ต้านการอักเสบ GC-MS

[1] สาขาวิชาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47160

[2] สาขาวิชาแพทย์แผนไทย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จังหวัดศรีสะเกษ 33000

[1] Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology ISAN Sakonnakhon Campus, Sakonnakhon 47160

[2] Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Public Health, Chalermkarnchana University, Sisaket 33000

*Corresponding author : pranee.si@rmuti.ac.th

Abstract

This research aimed to study the bioactive compounds, biological activities, and the development of herbal gel formulations from crude extracts of *Zingiber cassumunar* Roxb. (plai rhizome) and *Piper retrofractum* Vahl. (long pepper fruit). Chemical analysis using Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS) revealed that the plai extract contained (E)-4-(3,4-Dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol, a phenylbutenoid compound, while the long pepper extract contained piperine, an alkaloid with known anti-inflammatory activity. Quantitative analysis showed that the plai extract had the highest total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC), with values of 185.95 ± 23.29 mg GAE/g and 217.80 ± 30.53 mg QCE/g, respectively. The anti-inflammatory activity assay indicated that the long pepper extract exhibited the lowest IC_{50} value (12.89 ± 0.61 µg/mL), demonstrating the strongest inhibitory effect. Three herbal gel formulations were developed and subjected to accelerated stability testing. All formulations exhibited good physical properties—semi-solid texture, homogeneity, pH values between 4.2–5.4, and viscosity ranging from 8,712–9,285 cP. Notably, the long pepper extract gel showed the highest nitric oxide (NO) inhibitory activity both before and after stability testing (IC_{50} = 16.18 ± 1.02 and 15.05 ± 1.41 µg/mL, $P > 0.05$). These findings suggest that extracts of *Z. cassumunar* and *P. retrofractum* possess potent anti-inflammatory potential and the two extracts were incorporated into a stable herbal gel formulation, demonstrating clear potential for topical product development to relieve inflammation and pain, and serving as foundational evidence for subsequent clinical research.

Keywords: *Zingiber cassumunar* Roxb., *Piper retrofractum* Vahl., Anti-inflammatory, GC–MS

บทนำ

การอักเสบ (inflammation) มีสาเหตุของกระบวนการทางสรีรวิทยาและพยาธิวิทยาที่หลากหลาย เป็นการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันที่จำเป็นซึ่งช่วยให้สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในระหว่างการติดเชื้อหรือการบาดเจ็บ (Ferrero-Miliani et al., 2007) ทำให้เกิดการหลั่งของสารสื่อกลางในการอักเสบชนิดต่างๆ รวมทั้ง ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) และโพรสตาแกลดิน E2 (Prostaglandins E2) กระบวนการอักเสบแบ่งได้ 2 ชนิด คือ การอักเสบเฉียบพลัน (Acute Inflammation) และ การอักเสบเรื้อรัง (Chronic Inflammation) ลักษณะเฉพาะของการอักเสบเฉียบพลัน จะพบเซลล์เม็ดเลือดขาวและเซลล์แมคโครฟาจ ลักษณะทางคลินิกของการอักเสบ โดยเฉพาะการอักเสบแบบเฉียบพลัน ในระดับเนื้อเยื่อการอักเสบจะมีลักษณะ ดังนี้ ได้แก่ ปวด บวม แดง และร้อน (Ricciotti & FitzGerald, 2011)

ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ที่สำคัญมีความเกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันและการอักเสบ (Closa & Folch-Puy, 2004) นอกจากนี้ไนตริกออกไซด์ปริมาณมากในสภาวะอักเสบยังเหนี่ยวนำปฏิกิริยาที่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย (Nathan & Xie, 1994) กระบวนการสร้างไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) สร้างจาก L-arginine พบว่าจะอาศัยการทำงานของเอนไซม์ Nitric Oxide Synthetase (NOS) ทำปฏิกิริยา deamination โดย NO ที่สร้างขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเกิดพยาธิสภาพของการอักเสบ เช่น ทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดขยายตัวเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของผนังหลอดเลือด ทำให้เกิดอาการบวมในบริเวณที่มีการอักเสบ NO ที่เพิ่มมากกว่าปกติจะทำปฏิกิริยากับ Superoxide anion radical (O_2^-) เกิดเป็น Peroxynitrite ($ONOO^-$) ที่มีฤทธิ์รุนแรงฆ่าจุลชีพได้และยังสามารถทำลายเซลล์เนื้อเยื่อ

บริเวณที่เกิดการบาดเจ็บทำให้เกิดการอักเสบเพิ่มมากขึ้น (van der Vliet et al., 2000) ดังนั้นการยับยั้งการทำงานของ NO นับเป็นแนวทางสำคัญในการควบคุมและบรรเทาการอักเสบ (Malinski, 2007)

ในปัจจุบันโรคระบบกล้ามเนื้อเป็นปัญหาที่สำคัญทางด้านสุขภาพอีกประการหนึ่งของมนุษย์ คุณภาพชีวิตในผู้ใหญ่ของผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อลดลง โดยดัชนีทางกายภาพได้รับผลกระทบอย่างต่อเนื่องมากกว่าดัชนีทางจิตสังคม มีความรุนแรงและการทำงานของโรคมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการทำงานทางกายภาพและทางสังคม (Graham et al., 2011) มีรายงานอัตราผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุการป่วยกลุ่มโรคระบบกล้ามเนื้อเป็นอันดับ 3 ของประเทศไทย อาการปวดกล้ามเนื้อแบบเฉียบพลันอาจนำไปสู่การปวดเรื้อรังจะรักษาได้ยากขึ้น(Mense, 2003) อาการปวดและอักเสบของกล้ามเนื้อและข้อ พบได้ประมาณร้อยละ 47 ของประชากร (กระทรวงสาธารณสุข, 2566) ยาในการรักษาอาการเรื้อรังนี้ โดยทั่วไปมีการใช้ยาแก้ปวดเฉพาะที่ในรูปแบบยาแผนปัจจุบัน ยาสเตียรอยด์และยาที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ เช่น ยาปฏิชีวนะ มักใช้ในการรักษาโรคอักเสบ ยาสังเคราะห์ เหล่านี้มีผลข้างเคียงต่อสุขภาพมากมาย เช่น ปัญหาทางเดินอาหาร เกิดแผลในกระเพาะอาหาร(Laine, 1996) มีปัญหาตับหรือไต หรืออาจเกิดการแพ้ยาได้ เป็นต้น (Muzamil et al., 2022) และในทางการรักษาด้วยศาสตร์ทางการแพทย์แผนไทย นอกจากการนวดรักษา ประคบสมุนไพร หรือรับประทานยาสมุนไพรเพื่อลดอาการอักเสบ มีการใช้ครีมไพล (Manimmanakorn et al., 2016) ลูกประคบที่มีส่วนผสมของกระท่อม (Mahaprom et al., 2025) ตำรับยาสมุนไพรใช้ภายนอกลดอาการปวดถือได้ว่าได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง มีการนำสมุนไพรที่มีรสร้อนประเภทยาใช้ภายนอกมาใช้บรรเทาอาการอักเสบเพื่อทดแทนการรับประทานยาแก้ปวด

จากสรรพคุณของพืชสมุนไพรไทยที่ได้กล่าวมาข้างต้นในงานวิจัยนี้ได้สนใจทำการศึกษาสมุนไพรสองชนิด ได้แก่ ไพล และดีปลี ไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb.) เป็นพืชสมุนไพรที่สำคัญ ใช้รักษาอาการอักเสบ ปวด และปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เหง้าเป็นส่วนหลักของพืชที่นำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการแพทย์ เนื่องจากมีองค์ประกอบที่มีคุณสมบัติในการรักษา ได้แก่ Phenylbutenoids Curcumin (Alseekh et al.) ตำราสรรพคุณยาไทยว่าไพลมีรสฝาดขื่นเอียน ใช้ภายนอกโดยการทาถูลดอาการปวดกล้ามเนื้อและแก้เคล็ดขัดยอก (Asasutjarit et al.) มีรายงานการศึกษาพบว่า ไพลมีมักมีสารกลุ่มมอโนเทอร์พีน (monoterpene) เป็นหลัก ได้แก่ sabinene และ terpinen-4-ol (Asasutjarit et al.) นอกจากนี้ไพลยังมีสารสีเหลืองเคอร์คูมิน (curcumin) ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์รักษาแผลในกระเพาะอาหาร (Chongmelaxme et al.) และดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl.) สรรพคุณทางการแพทย์แผนไทยของดีปลี ตำรายาไทย ผล มีรสเผ็ดร้อน นิยมใช้เป็น เครื่องเทศ เนื่องจากมีกลิ่นหอมฉุน (Chongmelaxme et al., 2017) บำรุงธาตุ ขับลมในลำไส้ ระบบย่อยอาหารทำงานได้ดีขึ้น ทำให้เจริญอาหาร (Chongmelaxme et al.) มีรายงานการศึกษาพบว่า น้ำมันหอมระเหยพบจากผลและพบสารอัลคาลอยด์ (alkaloids) คือ ไพเพอรีน (piperine) เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลัก (Alseekh et al.) ซึ่งมีผลระงับปวด มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านอาการซึมเศร้า กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ต้านท้องเสียและต้านพิษต่อตับ เป็นต้น (Alseekh et al.) เนื่องจากไพลและดีปลีเป็นสมุนไพรที่มีรสร้อน และผลทางฤทธิ์เภสัชวิทยาของสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดนี้ มีสรรพคุณที่ดี โดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการอักเสบอาจจะช่วยบรรเทาการอักเสบได้

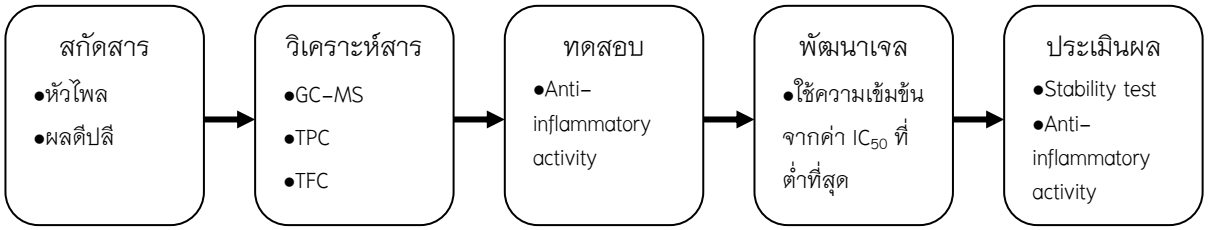
จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัด แต่ยังไม่มีรายงานใดที่นำสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดพัฒนาไปเป็นเจลสมุนไพรพร้อมทั้งทดสอบความคงตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำสารสกัดจากหัวไพลและผลดีปลี มาศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลอง และนำผลที่ได้ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบเจลสมุนไพร เป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ใช้ภายนอก ทำให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม มีความคงตัว และมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่ดี รวมทั้งเป็นฐานข้อมูลในการนำไปศึกษางานวิจัยทางคลินิกต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากหัวไพลและ ผลดีปลี ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี–แมสสเปกโทรเมตรี (Gas Chromatography–Mass Spectrometry; GC–MS)
2. เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบจากหัวไพล และผลดีปลี ได้แก่ สารฟีนอลิกรวมและสารฟลาโวนอยด์รวม
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลองของสารสกัดหยาบจากหัวไพล และผลดีปลี
4. เพื่อพัฒนาเจลสมุนไพรที่มีส่วนผสมของสารสกัดหยาบจากหัวไพล และผลดีปลี ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ทำการศึกษาในสารสกัดหยาบ จากหัวไพลและผลดีปลี ที่สกัดด้วย 95% เอทานอล โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากหัวไพลและผลดีปลี ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี–แมสสเปกโทรเมตรี (Gas Chromatography – Mass Spectrometry; GC–MS) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบจากหัวไพล และผลดีปลี ได้แก่ สารฟีนอลิกรวมและสารฟลาโวนอยด์รวม และศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลองของสารสกัดหยาบจากหัวไพล และผลดีปลี ด้วยวิธีการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) แล้วเลือกความเข้มข้นของสารสกัดจากหัวไพล และผลดีปลี จากการศึกษาในหลอดทดลองมาพัฒนาเป็นเจลที่มีฤทธิ์และต้านการอักเสบ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้



สมมุติฐาน

1. สารสกัดหยาบจากหัวไพลและ ผลดีปลี มีองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ
2. สารสกัดหยาบจากหัวไพล และผลดีปลี มีสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์
3. สารสกัดหยาบจากหัวไพล และผลดีปลี มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ
4. เจลสมุนไพรที่มีส่วนผสมของสารสกัดหยาบจากหัวไพล และผลดีปลี มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การสกัดสาร

นำสมุนไพร 2 ชนิด ได้แก่ หัวไพลและผลดีปลี ได้จากร้านสมุนไพรท่าพระจันทร์ แขวงบางจาก เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร เมื่อเดือน มกราคม พ.ศ. 2568 นำสมุนไพรแห้ง ไปบดให้ละเอียด แล้วชั่งสมุนไพรแต่ละชนิด 3,000 กรัม มาสกัดโดยใช้ 95% เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วน 1 : 2 คือ สมุนไพร 1 ส่วน และเอทานอล 2 ส่วน หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน แล้วกรองด้วยกระดาษ Whatman No.1 นำส่วนของสารละลายที่ได้ ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหย Rotary Evaporator จนตัวทำละลายแห้งสนิทและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาทดสอบ

2. การวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีของสารสกัดหัวไพลแห้งและผลดีปลี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหัวไพลและผลดีปลีด้วยเทคนิค Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS) เตรียมตัวอย่างสำหรับนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC–MS โดยเตรียมสารสกัดความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในเอทานอลผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม Sodium sulfate ปริมาตร 0.1 กรัม นำไปเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex นาน 30 นาที แล้วนำไปกรองด้วย ไซริงค์ฟิลเตอร์ (Syringe Filter) ขนาด 0.45 ไมโครเมตร จะได้ส่วนใสที่กรองได้ของสารสกัดนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total Phenolic content; TPC) โดยใช้วิธี Folin–Ciocalteu colorimetric โดยใช้สารละลาย gallic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน มีขั้นตอน ดังนี้ 1) เตรียมสารมาตรฐาน คือ gallic acid ที่ความเข้มข้น 7.8, 15.6, 31.25, 62.5, 125, 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเตรียมสารสกัด 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมลงในลงใน 96–Well Microplates 2) เตรียมสาร Folin–Ciocalteu reagent ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน 3) จากนั้นเติม 75% w/v Sodium carbonate (Na_2CO_3) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ลงใน 96–Well Microplates โดยแต่ละหลุมจะมีปริมาตรของสารรวมทั้งหมด 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน 4) ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที 5) นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader บันทึกและวิเคราะห์ผลทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง รายงานผลเป็นหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกับกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัดแห้ง (mg GAE/g dry extract)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content) โดยใช้สาร Quercetin เป็นสารมาตรฐานมีขั้นตอน ดังนี้ 1) เตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 5 ไมโครลิตร เติมลง 96–Welt plate จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 130 ไมโครลิตร และ 5% Sodium nitrite (NaNo) ปริมาตร 7.5 ไมโครลิตร บ่มไว้ในที่มืด 5 นาที 2) ครบเวลาเติม 10% Aluminum chloride (AIC) ปริมาตร 7.5 ไมโครลิตร และบ่มไว้ในที่มืด 5 นาที 3) ครบเวลา เติม 1 M Sodium hydroxide (NaOH) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมลงใน 96–Well plate โดยแต่ละหลุมจะมีปริมาณของสารรวมทั้งหมด 200 ไมโครลิตร 4) นำไปวัดค่าที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader บันทึกและวิเคราะห์ผลทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยรายงานค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอซิตินต่อกรัมสารสกัด (mg QCE/g crude extract)

3. การศึกษาผลของสารสกัดหัวไพลและผลดีปลีต่อศักยภาพในการต้านการอักเสบในระดับหลอดทดลอง

เพาะเลี้ยงเซลล์ RAW 264.7 (ATCC No. TIB–71) ซื้อจาก American Type Culture Collection (ATCC, Manassas, VA, USA) เพาะเลี้ยงเซลล์ในอาหารเลี้ยงเซลล์ in Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM) ประกอบด้วย L–glutamine, sodium pyruvate, 10% fetal bovine serum (FBS) (Thermofisher), and 1% antibiotic/antimycotic mixture (Sigma–Aldrich) เลี้ยงที่ 5% CO_2 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) ด้วยวิธี MTT assay การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) ใช้สาร 3–(4,5–dimethylthiazol–2–yl)–2,5–diphenyltetrazolium bromide (MTT) ด้วยวิธี colorimetric assay 1) เพาะเลี้ยง RAW 264.7 cell (1 x 10^5 cells/well) เลี้ยงในจานเพาะเลี้ยงเซลล์ 96 หลุม (96 well plate) ที่มีอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ปริมาณ 100 ไมโครลิตร/หลุม เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 2) หลังจากครบ 24 ชั่วโมง เปลี่ยนอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิดเดิมออก และเปลี่ยนเป็นอาหารเลี้ยงเซลล์ที่มีสารสกัดละลายอยู่ในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (12.5 – 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กลุ่มควบคุม (vehicle) ได้เติมเฉพาะสาร DMSO (0.5% v/v) ที่ใช้เป็นตัวทำละลายสารสกัด 3) เติมสารละลาย MTT ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 200 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4) จากนั้นดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ทิ้ง และละลายผลึก formazan ด้วย DMSO จำนวน 200 µl 5) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 570 นาโนเมตร โดย microplate reader บันทึกและวิเคราะห์ผลทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยรายงานค่า IC_{50}

การศึกษาผลของสารสกัดต่อการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) นำเซลล์มาโครฟาจ (RAW 264.7 cell line) จำนวน 1 x 10^5 cells/well เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM (10% fetal bovine serum (FBS), 1% penicillin–streptomycin) ใน 96 well plates บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 5% CO_2 incubator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 1) ดูดอาหารเลี้ยงเชื้อออก 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (12.5 – 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ลงไปหลุ่มละ 100 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 2) ดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM เก่าออก จากนั้นเติม DMEM ใหม่ที่มี lipopolysaccharide (LPS) 100 ug/mL ลงไปหลุมละ 100 ไมโครลิตร ยกเว้นหลุม control หลุม control เติม DMEM เท่านั้น incubator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 3) ดูด supernatant แต่ละหลุมมา 100 ไมโครลิตร ใส่ใน 96–well plates เติม Griess reagent หลุมละ 100 ไมโครลิตร วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 540 nm รายงานค่าปริมาณ NO โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน sodium nitrite ($NaNO_2$) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

4. การพัฒนาเจลสมุนไพรจากสารสกัดหัวไพล และผลดีปลี

ส่วนประกอบของเจลสมุนไพร ได้แก่ สารสกัดหัวไพล สารสกัดดีปลี และสารสกัดผสมไพลและดีปลี, Carbopol 940, Methyl Paraben, Propylene Glycol, Triethanolamine และ Distilled Water

การเตรียมเจลสมุนไพร แบ่งออกเป็น 3 สูตร โดยมีการกำหนดความเข้มข้นของสารสกัดในตำรับเจล จากค่าความเข้มข้นในการยับยั้ง nitric oxide (IC_{50}) ซึ่งได้จากการศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบในระดับหลอดทดลอง ชั่งสารสกัดหัวไพล 248.9 มิลลิกรัม สารสกัดผลดีปลี 0.015 มิลลิกรัม และสารสกัดผสมไพลและดีปลี 102.9 มิลลิกรัม ทุกสูตรเตรียม Carbopol 1.5 กรัม ผสมในน้ำกลั่น 94 มิลลิลิตร แล้วตีให้เข้ากันประมาณ 30 นาที แล้วปล่อยให้เจลพองตัว เติม Glycerin, Propyl paraben, Dibutyl Phthalate คนให้เข้ากัน ค่อยๆ เติม Triethanolamine (TEA) เพื่อปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.0–5.5 จากนั้นเติมสารสกัดหัวไพล สารสกัดดีปลี และสารสกัดผสมไพลและดีปลีในตำรับเจลของแต่ละสูตร ผสมให้เข้ากันและบรรจุลงในหลอด

การประเมินความคงตัวในสภาวะเร่ง (Heating cooling cycle) และคุณสมบัติทางกายภาพของเจลสมุนไพร 1) การประเมินความคงตัวในสภาวะเร่ง การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์เจลพื้น ในสภาวะเร่ง โดยการนำเจลพื้นที่เตรียมเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับกับการเก็บที่อุณหภูมิ 45±1องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการทดสอบทั้งหมด 6 รอบ ประเมินผลทั้งก่อนการทดสอบและเมื่อสิ้นสุดการทดสอบในแต่ละรอบ โดยดูลักษณะเนื้อเจล สี การแยกชั้น ความหนืดและความเป็นกรดด่างของเจล 2) การประเมินความคงตัวทางกายภาพ โดยสังเกตลักษณะเนื้อเจล สี การแยกชั้น การตกตะกอน และกลิ่น ทดสอบความเป็นกรด–เบสและทดสอบความหนืดของผลิตภัณฑ์เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆ และหลังจากการประเมินความคงตัวในสภาวะเร่งครบ 6 รอบ

การประเมินฤทธิ์ต้านการอักเสบของเจลสมุนไพร โดยการวิเคราะห์ศักยภาพในการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ ด้วยวิธี Griess method นำเจลสมุนไพรมาละลายใน DMSO ปริมาตร 1–2 ไมโครลิตร เพื่อให้เจลไม่ข้นหนืดเกินไปจากนั้นปิเปตเจลปริมาตร 20 ไมโครลิตร ใส่ใน 96 well plate จากนั้นเติมโซเดียมไนโตรปรัสไซด์ (Sodium nitroprusside) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 40 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 150 นาที แล้วเติม Griess reagent ที่ประกอบด้วย 1% ซัลฟานิลาไมด์ และ 0.1% เอ็น–(1–แนฟทิล) เอทิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ ในอัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยใช้เจลมาตรฐานที่มีส่วนผสมของ 1% ไดโคลฟีแนค เป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวก

และเจลพื้นที่ไม่มีส่วนผสมของสารสกัดเป็นกลุ่มควบคุมฤทธิ์ต้านการอักเสบจะถูกรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้าง NO

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองจะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) นำมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของเจลสมุนไพรก่อนและหลังจากการการประเมินความคงตัวในสภาวะเร่ง (Heating cooling cycle) โดยใช้สถิติ Paired-sample T-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ p-value<0.05 (p<0.05) ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Science (SPSS) เวอร์ชั่น 16.0 และสร้างกราฟโดยใช้โปรแกรม GraphPad Prism V. 10

ผลการศึกษา

1. ผลของการสกัดสาร

การสกัดสมุนไพร ไพลและดีปลี ด้วยวิธีการหมักในเอทานอลร้อยละ 95 ได้สารสกัดหยาบแต่ละชนิดมีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวหนืด สารสกัดไพลมีสีน้ำตาลเหลือง ดีปลีมีสีน้ำตาลเหลืองส้ม พบปริมาณสารสกัดหยาบแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละผลผลิต (%yield) มีค่าเท่ากับ 3.07 และ 5.04 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละของผลผลิตของสารสกัดไพลและดีปลี

สมุนไพร	น้ำหนักสมุนไพรแห้ง (กรัม)	ปริมาณสารสกัดที่ได้ (กรัม)	%Yield
Zingiber cassumunar Roxb.	3000	92.33	3.07
Piper retrofractum Vahl.	3000	151.32	5.04

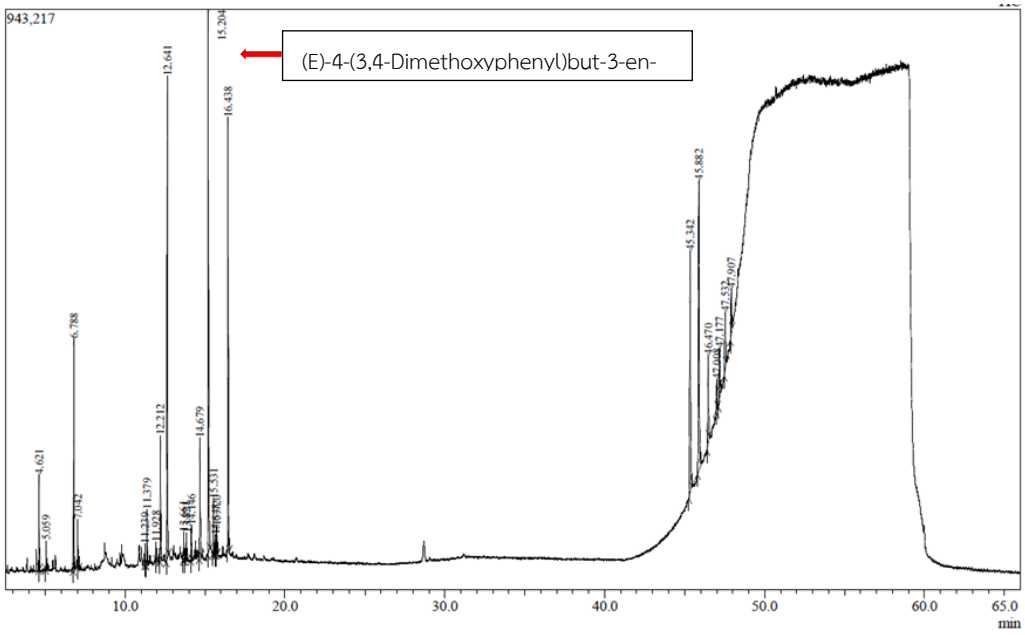
2. ผลการวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีของสารสกัดหัวไพลแห้งและผลดีปลี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหัวไพลและผลดีปลีด้วยเทคนิค GC-MS พบว่า สารสกัดไพล พบสารสำคัญ ได้แก่ (E)-4-(3,4-Dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol มี Retention Time: 15.20 ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1 และสารสกัดดีปลี พบสารสำคัญ ได้แก่ Piperine มี Retention Time: 42.07 ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหัวไพลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS

ลำดับ	Retention Time	ชนิดของสารสกัด	%Area	%Height
1	4.621	D-Limonene	1.87	2.96
2	5.059	gamma.-Terpinene	0.58	0.91
3	6.745	3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methyl)	4.92	7.22
4	7.042	Methyl salicylate	1.34	1.49
5	11.239	2,4-Di-tert-butylphenol	0.48	0.66
6	11.379	Cyclohexene, 3-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)	1.43	1.71
7	11.928	Benzene, 4-(1E)-1,3-butadien-1-yl-1,2-dimethoxy	0.47	0.59
8	12.212	(E)-4-(But-1-en-1-yl)-1,2-dimethoxybenzene	3.53	3.90
9	12.641	Benzene, 4-(1E)-1,3-butadien-1-yl-1,2-dimethoxy	12.25	15.08
10	14.146	(E)-1-(2,4,5-Trimethoxyphenyl)but-1-ene	0.82	1.09

ลำดับ	Retention Time	ชนิดของสารสกัด	%Area	%Height
11	14.679	(E)-1-(2,4,5-Trimethoxyphenyl)buta-1,3-diene	3.56	3.73
12	15.204	(E)-4-(3,4-Dimethoxyphenyl)but-3-en-1-ol	15.22	16.98
13	15.531	Lidocaine	1.43	1.73
14	15.720	Hexadecanoic acid, methyl ester	0.90	0.88
15	16.438	(E)-4-(3,4-Dimethoxyphenyl)but-3-en-1-yl acetate	11.64	13.52
16	45.342	trans-3-(3,4-Dimethoxyphenyl) -4-[(E) 3',4'-dimethoxystyryl] cyclohex-1-ene	12.01	7.56
17	45.882	trans-3-(3,4-Dimethoxyphenyl) -4-[(E) 3',4'-dimethoxystyryl] cyclohex-1-ene	14.44	9.07

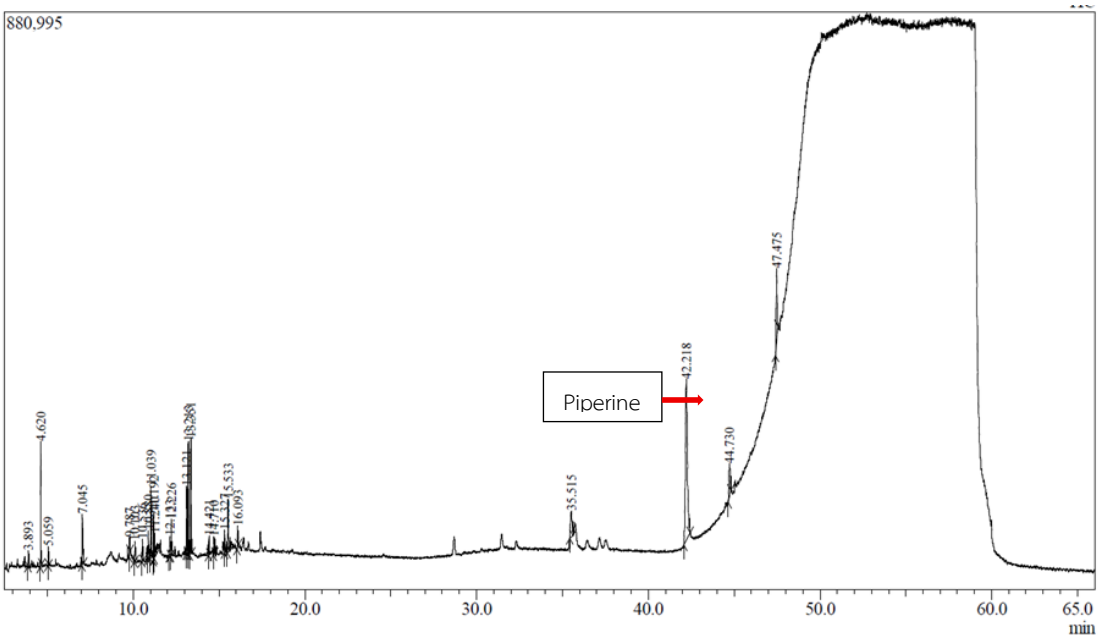


ภาพที่ 1 โครมาโทแกรมขององค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหัวไพล

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดผลดีปลีที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS

ลำดับ	Retention Time	ชนิดของสารสกัด	%Area	%Height
1	3.893	beta.-Pinene	0.66	1.31
2	4.620	D-Limonene	5.31	10.24
3	5.059	gamma.-Terpinene	0.76	1.53
4	7.045	Methyl salicylate	3.14	4.14
5	9.787	Tetradecane	0.73	1.35
6	10.103	Caryophyllene	1.03	1.65
7	10.536	Humulene	1.08	1.81
8	11.039	Pentadecane	4.28	5.93
9	11.240	2,4Di-tert-butylphenol	1.38	1.99

ลำดับ	Retention Time	ชนิดของสารสกัด	%Area	%Height
10	13.121	8-Heptadecene	3.49	5.56
11	13.170	8-Heptadecene	5.64	9.26
12	13.270	Nonadecane	6.10	9.50
13	14.385	Heneicosane	0.98	1.58
14	15.305	Z-5-Nonadecane	1.14	1.85
15	15.475	Lidocaine	3.72	1.85
16	35.425	Piperine	4.53	2.12
17	42.075	Piperine	35.12	13.23
18	44.650	(2E,4E,14E)-N-Isobutylicosa-2,4,14-trienamide	4.10	2.65
19	47.475	Pipernonaline	6.64	5.92



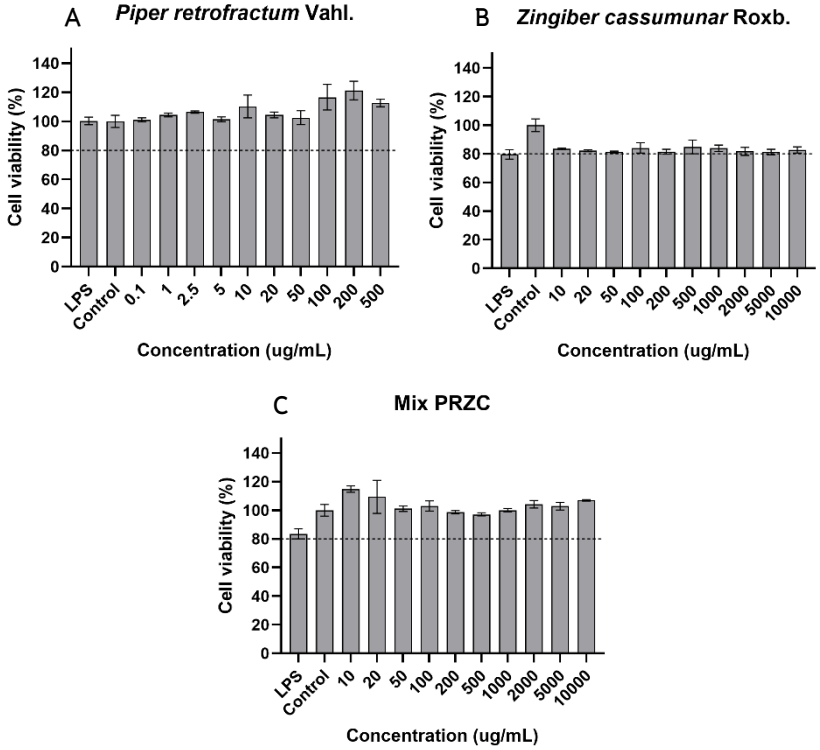
ภาพที่ 2 โครมาโทแกรมขององค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดผลดีปลี

ผลของสารสกัดหัวไพลและผลดีปลีต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวม (Total Phenolic content; TPC) พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกรวมของสารสกัดสมุนไพรเดี่ยวหัวไพลและผลดีปลี และสารสกัดผสมสองชนิดนี้ อยู่ในช่วง 147.1 – 185.9 mg GAE/g dry extract ซึ่งสารสกัดหัวไพล มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด รองลงมาเป็นสารสกัดผสมหัวไพลและผลดีปลี และสารสกัดผลดีปลี ตามลำดับ

ผลของสารสกัดหัวไพลและผลดีปลีต่อสารฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content; TFC) พบว่า ปริมาณสารสารฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดสมุนไพรเดี่ยวหัวไพลและผลดีปลี และสารสกัดผสมสองชนิดนี้ อยู่ในช่วง 142.40 – 217.80 mg QCE/g crude extract ซึ่งสารสกัดหัวไพล มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด รองลงมาเป็นสารสกัดผลดีปลี และสารสกัดผสมหัวไพลและผลดีปลี ตามลำดับ

3.การศึกษาผลของสารสกัดหัวไพลและผลดีปลีต่อศักยภาพในการต้านการอักเสบในระดับหลอดทดลอง

ผลการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) ด้วยวิธี Cytotoxicity test (MTT assay) พบว่า %Cell viability มีค่ามากกว่า 80% ทุกค่า แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลของความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) ที่ถูกกระตุ้นด้วยไลโปโพลีแซ็กคาไรด์ (LPS) ที่ความเข้มข้นต่างๆ (A) %Cell viability ของสารสกัดดีปลี (B) %Cell viability ของสารสกัดไพล และ (C) %Cell viability ของสารสกัดผสมไพลและดีปลี

ผลการศึกษาผลของสารสกัดต่อการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) สารสกัดผลดีปลีแสดงฤทธิ์ยับยั้ง NO ได้ดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 12.89 ± 0.61 ug/ml สารสกัดผสมหัวไพลและผลดีปลี มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1,029 ± 82.70 ug/ml สารสกัดหัวไพล มีค่า IC_{50} เท่ากับ 2,489 ± 76.90 ug/ml ตามลำดับ

4. การพัฒนาเจลสมุนไพรจากสารสกัดหัวไพล สารสกัดผลดีปลี และสารสกัดผสมของหัวไพลและผลดีปลี

การประเมินความคงตัวในสภาวะเร่ง (Heating cooling cycle) และคุณสมบัติทางกายภาพของเจลสมุนไพรก่อนการทดสอบความคงตัวในสภาวะเร่ง (Cycle 0) พบว่าเจลสมุนไพรทุกสูตรมีลักษณะทางกายภาพที่ดี คือ เป็นของกึ่งแข็งกึ่งเหลว เจลใส เจลเนื้อเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่พบการแยกชั้นของเนื้อเจล มีกลิ่นสมุนไพรเล็กน้อย เจลสมุนไพรทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงความเป็นกรด-ด่างของผิวหนังมนุษย์ (pH 4-6) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 5.1-5.4 และมีค่าความหนืดอยู่ที่ 8,712-9,220 cP และหลังจากการทดสอบความคงตัวในสภาวะเร่ง 6 รอบ (Cycle 6) พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเจลสมุนไพรทุกสูตรยังคงสภาพเดิม ค่าความเป็นกรด-ด่างของเจลสมุนไพรทุกสูตรอยู่ในช่วง 4.2-5.1 และค่าความหนืดของเจลสมุนไพรทุกสูตรอยู่ในช่วง 9,016-9,285 cP ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินความคงตัวในสภาวะเร่งของเจลสมุนไพรจากสารสกัดหัวไพล สารสกัดผลดีปลี และสารสกัดผสมของหัวไพลและผลดีปลี

สูตร	(Cycle 0)		(Cycle 6)	
	pH	ความหนืด(cP)	pH	ความหนืด(cP)
Gel base	5.42 ± 0.03	9220 ± 376.52	5.05 ± 0.02	9102 ± 72.66
เจลสารสกัดผลดีปลี	5.06 ± 0.03	8712 ± 247.64	4.2 ± 0.04	9016 ± 53.59
เจลสารสกัดหัวไพล	5.07 ± 0.04	8871 ± 242.47	4.92 ± 0.05	9188 ± 266.20
เจลสารสกัดผสม	5.22 ± 0.03	8589 ± 532.96	5.1 ± 0.01	9285 ± 263.70

หมายเหตุ: มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ(p>0.05)

ผลการประเมินประสิทธิผลด้านการต้านการอักเสบของสูตรตำรับเจลมีส่วนผสมของสมุนไพรจากสารสกัดหัวไพล สารสกัดผลดีปลี และสารสกัดผสมของหัวไพลและผลดีปลี พบว่า เจลจากสารสกัดดีปลี มีฤทธิ์ยับยั้ง NO ได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับเจลมาตรฐานไดโคลฟีแนค ความเข้มข้น 1% ทั้งก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวในสภาวะเร่ง มีค่า IC_{50} ก่อนทดสอบ เท่ากับ 16.18 ± 1.02 ug/ml และ มีค่า IC_{50} หลังทดสอบ เท่ากับ 15.05 ± 1.41 ug/ml ขณะที่เจลจากสารสกัดไพลมีค่า IC_{50} สูงกว่าอย่างชัดเจน และสูตรเจลสารสกัดผสมของหัวไพลและผลดีปลีในอัตราส่วน 1:1 ให้ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 1,203 – 1,477 ug/ml ซึ่งสูงกว่าเจลจากสารสกัดดีปลีเดี่ยวอย่างมาก แสดงให้เห็นว่าจากสัดส่วนของสารสกัดดีปลีในสูตรผสมลดลงครึ่งหนึ่ง จึงมีฤทธิ์ยับยั้ง NO ต่ำกว่าเจลจากสารสกัดดีปลีเดี่ยว ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการประเมินประสิทธิผลด้านการต้านการอักเสบของสูตรตำรับเจลมีส่วนผสมของสมุนไพรจากสารสกัดหัวไพล สารสกัดผลดีปลี และสารสกัดผสมของหัวไพลและผลดีปลี

สูตรเจล	ฤทธิ์ยับยั้ง NO (IC_{50}; ug/ml) Before	ฤทธิ์ยับยั้ง NO (IC_{50}; ug/ml) After
สารสกัดผลดีปลี	16.18 ± 1.02^{a}	15.05 ± 1.41^{a}
สารสกัดหัวไพล	2,559.93 ± 338.74^{d}	3145.42 ± 181.35^{d}
สารสกัดผสมของหัวไพลและผลดีปลี	1,203.82 ± 160.16^{c}	1477.46 ± 54.38^{c}
1% Diclofenac gel	72.68 ± 3.51^{b}	74.21 ± 1.88^{b}

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก ($^{a, b, c, d}$) ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(p<0.05)

สรุปผลและอภิปรายผล

เพื่อให้เข้าใจถึงศักยภาพของสารสกัดจากหัวไพลและผลดีปลีในการนำไปใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพร จึงได้มีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารสำคัญ และประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งด้านการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ รวมถึงการประเมินความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์ จากนั้นจึงนำผลการทดสอบไปใช้ในการพัฒนาเจลสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพสูงและคงตัว

จากรายงานการวิจัยของ Han และคณะ (Han et al., 2021) พบว่า ไพล ใช้รักษาอาการปวด และอักเสบ เหง้าเป็นส่วนหลักของพืชที่นำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการแพทย์ เนื่องจากมีองค์ประกอบที่มีคุณสมบัติในการรักษา ได้แก่ ฟีนิลบิวทีนอยด์ (Phenylbutenoids) เคอร์คูมินอยด์ (Curcumin) Ozaki และคณะ (Ozaki et al., 1991) พบว่า

สารสกัดหัวไพลมีสารกลุ่มฟีนิลบิวทินอยด์ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ สามารถยับยั้งการส่งสัญญาณผ่าน MAPK pathways (p38, ERK และ Akt) ส่งผลให้การกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ iNOS และ COX-2 ลดลง ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการอักเสบและมีบทบาทต่อการสร้าง Nitric oxide (NO) (Gundom et al., 2025) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่าสารสกัดหัวไพล ที่มีองค์ประกอบทางเคมี มีสารสำคัญในกลุ่มฟีนิลบิวทินอยด์ (phenylbutenoids) และแสดงฤทธิ์ลดการสร้าง NO ผ่านการลดสัญญาณการอักเสบภายในเซลล์ ส่วนผลดีปลีมีสารออกฤทธิ์หลัก คือ ไพเพอรีน (piperine) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ซึ่งมีรายงานการวิจัยของ Takooree และคณะ (Takooree et al., 2019) และ Phan และคณะ (Phan et al., 2024) ว่าสามารถยับยั้งกระบวนการอักเสบโดยการยับยั้งการเคลื่อนเข้าสู่แกนนิวเคลียส NF-κB ทำให้การสร้างไซโตไคน์อักเสบ เช่น TNF- α, IL-6 และเอนไซม์ iNOS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลของงานวิจัยนี้ที่พบว่าสารสกัดผลดีปลี ที่มีองค์ประกอบทางเคมี มีสารสำคัญในกลุ่มไพเพอรีน (piperine) และสารสกัดผลดีปลีมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด (12.89 ± 0.61 µg/mL) แสดงถึงศักยภาพสูงในการยับยั้งการสร้าง NO และลดการกระตุ้น NF-κB pathway

ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารฟลาโวนอยด์รวม พบว่า สารสกัดหยาบจากหัวไพลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) และสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (TFC) สูงที่สุด เมื่อเทียบกับสารสกัดจากผลดีปลีและสารสกัดผสมสองชนิดนี้ ซึ่งสัมพันธ์กับศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และช่วยลดการเกิด Oxidative stress ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นสำคัญของกระบวนการอักเสบผ่านการเหนี่ยวนำ ROS-activated NF-κB pathway

เมื่อนำสารสกัดหัวไพล สารสกัดผลดีปลี และสารสกัดผสมหัวไพลและผลดีปลี มาทดสอบการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) ด้วยวิธี Cytotoxicity test (MTT assay) พบว่ามากกว่า 80% แสดงว่าไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ว่าสารสกัดมีความปลอดภัยในระดับเซลล์ สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปได้

การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ ผลการทดสอบการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) ในเซลล์ RAW 264.7 พบว่าสารสกัดผลดีปลีมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดผสมหัวไพลและผลดีปลีและสารสกัดหัวไพล นำค่า IC_{50} ที่ได้ไปพัฒนาเจลสมุนไพรต่อไป

จากผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้นำสารสกัดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดไปพัฒนาเป็นเจลสมุนไพร 3 สูตร การประเมินความคงตัวในสภาวะเร่งของเจลสมุนไพร ก่อนและหลังการทดสอบ พบว่าเจลสมุนไพรทุกสูตรคงคุณภาพทางกายภาพได้ดี ทั้งค่า pH ค่าความหนืด และมีความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยเฉพาะเจลที่มีสารสกัดผลดีปลีเป็นองค์ประกอบหลักมีประสิทธิภาพการยับยั้ง NO สูงสุด ทั้งก่อนและหลังการทดสอบ (IC_{50} = 16.18 ± 1.02 และ 15.05 ± 1.41 µg/mL, P>0.05) แสดงถึงความคงตัวของฤทธิ์ทางชีวภาพของเจลสมุนไพรในสภาวะเร่ง

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากหัวไพลและผลดีปลี มีศักยภาพในการลดการอักเสบระดับเซลล์ ยับยั้ง MAPK pathways ลดการกระตุ้น NF-κB pathway และลดการแสดงออกของเอนไซม์ iNOS และ COX-2 จึงลดการสร้าง nitric oxide (NO) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งสมุนไพรทั้งสองยังมีระดับความปลอดภัยที่ดีในระดับเซลล์ และสามารถนำสารสกัดไปพัฒนาเป็นเจลสมุนไพรที่คงตัวทั้งทางด้านกายภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพภายใต้สภาวะเร่ง นอกจากนี้สารสกัดจากสมุนไพรทั้ง 2 ชนิด เป็นวัตถุดิบจากสมุนไพรไทยที่มีความพร้อมเชิงวัตถุดิบสูง สามารถจัดหาได้ต่อเนื่อง สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสมุนไพรไทย สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ แสดงถึงความเป็นไปได้ในเชิงอุตสาหกรรมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เจลสมุนไพรใช้ภายนอกสำหรับบรรเทาการอักเสบและอาการปวดในระดับผู้บริโภคจริง การที่เจลสมุนไพรมีความปลอดภัยในระดับเซลล์และคงประสิทธิภาพในการต้านการอักเสบได้ดี ช่วยสนับสนุนให้สามารถต่อยอดไปทดลองด้านการทดสอบ

เฉพาะที่ในผิวหนัง (Skin sensitization) อีกทั้งยังเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาทางคลินิกในอนาคต เพื่อยืนยันประสิทธิผลในระดับผู้ใช้จริง

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินงาน จากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

Alseekh, S., Aharoni, A., Brotman, Y., Contrepois, K., D'Auria, J., Ewald, J., C. Ewald, J., Fraser, P. D., Giavalisco, P., Hall, R. D., Heinemann, M., Link, H., Luo, J., Neumann, S., Nielsen, J., Perez de Souza, L., Saito, K., Sauer, U., Schroeder, F. C.,...Fernie, A. R. (2021). Mass spectrometry–based metabolomics: a guide for annotation, quantification and best reporting practices. *Nature Methods*, *18*(7), 747–756. https://doi.org/10.1038/s41592–021–01197–1

Asasutjarit, R., Sookdee, P., Veeranondha, S., Fuongfuchat, A., & Itharat, A. (2020). Application of film–forming solution as a transdermal delivery system of piperine–rich herbal mixture extract for anti–inflammation. *Heliyon*, *6*(6), e04139. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04139

Chongmelaxme, B., Sruamsiri, R., Dilokthornsakul, P., Dhippayom, T., Kongkaew, C., Saokaew, S., Chuthaputti, A., & Chaiyakunapruk, N. (2017). Clinical effects of Zingiber cassumunar (Plai): A systematic review. *Complement Ther Med*, *35*, 70–77. https://doi.org/10.1016/j.ctim.2017.09.009

Closa, D., & Folch–Puy, E. (2004). Oxygen free radicals and the systemic inflammatory response. *IUBMB Life*, *56*(4), 185–191. https://doi.org/10.1080/15216540410001701642

Ferrero–Miliani, L., Nielsen, O. H., Andersen, P. S., & Girardin, S. E. (2007). Chronic inflammation: importance of NOD2 and NALP3 in interleukin–1beta generation. *Clin Exp Immunol*, *147*(2), 227–235. https://doi.org/10.1111/j.1365–2249.2006.03261.x

Graham, C. D., Rose, M. R., Grunfeld, E. A., Kyle, S. D., & Weinman, J. (2011). A systematic review of quality of life in adults with muscle disease. *Journal of Neurology*, *258*(9), 1581–1592. https://doi.org/10.1007/s00415–011–6062–5

Gundom, T., Sukketsiri, W., & Panichayupakaranant, P. (2025). Phytochemical analysis and biological effects of Zingiber cassumunar extract and three phenylbutenoids: targeting NF–**K**B, Akt/MAPK, and caspase–3 pathways. *BMC Complement Med Ther*, *25*(1), 180. https://doi.org/10.1186/s12906–025–04907–w

Han, A. R., Kim, H., Piao, D., Jung, C. H., & Seo, E. K. (2021). Phytochemicals and Bioactivities of Zingiber cassumunar Roxb. *Molecules*, *26*(8). https://doi.org/10.3390/molecules26082377

Laine, L. (1996). Nonsteroidal anti–inflammatory drug gastropathy. Gastrointest Endosc Clin N Am, 6(3), 489–504.

Mahaprom, K., Chokpaisarn, J., Kunworarath, N., Paduka, W., Phoopha, S., Limsuwan, S., & Neamsuvan, O. (2025). In vivo analgesic, anti-inflammatory activities, and phytochemical profile of Thai herbal Kratom recipe, a traditional Thai herbal medicine for muscle pain relief. *Journal of Ethnopharmacology*, *343*, 119442. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2025.119442

Malinski, T. (2007). Nitric oxide and nitroxidative stress in Alzheimer's disease. *J Alzheimers Dis*, *11*(2), 207-218. https://doi.org/10.3233/jad-2007-11208

Manimmanakorn, N., Manimmanakorn, A., Boobphachart, D., Thuwakum, W., Laupattarakasem, W., & Hamlin, M. J. (2016). Effects of Zingiber cassumunar (Plai cream) in the treatment of delayed onset muscle soreness. *Journal of Integrative Medicine*, *14*(2), 114-120. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-4964(16)60243-1

Mense, S. (2003). The pathogenesis of muscle pain. *Curr Pain Headache Rep*, *7*(6), 419-425. https://doi.org/10.1007/s11916-003-0057-6

Muzamil, A., Tahir, M., Ali, S., Liaqat, I., Ali, A., & Summer, M. (2022). Inflammatory Process and Role of Cytokines in Inflammation: An Overview. *Punjab University Journal of Zoology*, *36*. https://doi.org/10.17582/journal.pujz/2021.36.2.237.252

Nathan, C., & Xie, Q. W. (1994). Regulation of biosynthesis of nitric oxide. *Journal of Biological Chemistry*, *269*(19), 13725-13728. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-9258(17)36703-0

Ozaki, Y., Kawahara, N., & Harada, M. (1991). Anti-inflammatory effect of Zingiber cassumunar Roxb. and its active principles. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, *39*(9), 2353-2356. https://doi.org/10.1248/cpb.39.2353

Phan, U. T. T., Nguyen, H. D., Nguyen, T. K. O., Tran, T. H., Le, T. H., & Tran, T. T. P. (2024). Anti-inflammatory effect of Piper longum L. fruit methanolic extract on lipopolysaccharide-treated RAW 264.7 murine macrophages. *Heliyon*, *10*(4), e26174. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26174

Ricciotti, E., & FitzGerald, G. A. (2011). Prostaglandins and inflammation. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, *31*(5), 986-1000. https://doi.org/10.1161/atvbaha.110.207449

Takooree, H., Aumeeruddy, M. Z., Rengasamy, K. R. R., Venugopala, K. N., Jeewon, R., Zengin, G., & Mahomoodally, M. F. (2019). A systematic review on black pepper (Piper nigrum L.): from folk uses to pharmacological applications. *Crit Rev Food Sci Nutr*, *59*(sup1), S210-s243. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1565489

van der Vliet, A., Eiserich, J. P., & Cross, C. E. (2000). Nitric oxide: a pro-inflammatory mediator in lung disease? *Respir Res*, *1*(2), 67-72. https://doi.org/10.1186/rr14

กระทรวงสาธารณสุข, ส. (2566). สรุปรายงานการป่วย 2566. กลุ่มบริหารจัดการข้อมูลขนาดใหญ่กองยุทธศาสตร์และแผนงาน

การพัฒนาบทบาทเภสัชกรด้านแพทย์แผนไทยในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ โรงพยาบาลอุตรดิตถ์

Development of a pharmacist's role of Thai traditional medicine in providing home-based palliative care for medical cannabis users with a multidisciplinary team at Uttaradit Hospital

จิตตะวัน จิตระกูล[1*]

Chittawan Chitrakool[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ และประเมินผลลัพธ์การพัฒนา เป็นการวิจัยและพัฒนา เชิงปฏิบัติการแบบปฏิบัติ รวบรวมข้อมูลไปข้างหน้า กลุ่มเป้าหมายแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ บุคลากรทางการแพทย์ จำนวน 9 คน และผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ จำนวน 13 คน โดยคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Paired t-test

ผลการวิจัย พบว่า บทบาทของเภสัชกรที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 1) การประสานงาน 2) การประเมินประสิทธิภาพของกัญชาทางการแพทย์ 3) การค้นหาปัญหาด้านยา และอาการไม่พึงประสงค์ 4) การให้ความรู้เกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์ และ 5) การประเมินปัญหาด้านยาที่พบครั้งก่อนหน้าเพื่อเตรียมการเยี่ยมบ้านครั้งต่อไป ซึ่งผลลัพธ์หลังจากพัฒนา พบว่า ทำให้มีโอกาสพบ DRPs ได้มากขึ้น เฉลี่ย 1.5 ปัญหาต่อราย ส่วนใหญ่เป็นเรื่องประสิทธิภาพการรักษา ร้อยละ 57.9 เมื่อพิจารณาระดับความรุนแรงของ DRPS ตามเกณฑ์ของ NCCMERP Index พบว่า DRPs ส่วนใหญ่มีความรุนแรงในระดับ D คือ เหตุการณ์ปัญหาเกิดกับผู้ป่วยแล้วต้องให้การดูแลเฝ้าระวังเป็นพิเศษ พบสาเหตุเกิดจากผู้ป่วยเองมากที่สุด ร้อยละ 52.6 ด้านความปลอดภัยส่วนใหญ่พบอาการไม่พึงประสงค์จากยากัญชา ร้อยละ 31.6 อาการที่พบมากที่สุด คือ ปากแห้ง คอแห้ง ร้อยละ 66.7 โดยผู้ป่วยทุกรายสามารถใช้ยาต่อได้โดยการลดปริมาณการใช้ลง และไม่พบผลข้างเคียงที่รุนแรง หรือ Cannabis-induced psychosis สำหรับวิธีแก้ไขปัญหาที่พบบ่อยที่สุด คือ การแก้ปัญหาผ่านผู้สั่งใช้ยา โดยมีการแจ้งปัญหาด้านยาต่อผู้สั่งใช้ยาและร่วมกันแก้ไขปัญหากับเภสัชกร ผู้ป่วย ผู้ดูแล และทีมสหวิชาชีพ ซึ่งส่วนใหญ่ยอมรับต่อคำแนะนำของเภสัชกร และผู้รับบริการมีความรู้เรื่องการใช้กัญชาทางการแพทย์เพิ่มขึ้น และมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก

แม้บุคลากรทางการแพทย์จะมีความมั่นใจในการใช้กัญชาทางการแพทย์เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิผลของการรักษายังถูกจำกัดโดยปัจจัยของผู้ป่วย เช่น ความร่วมมือในการใช้ยาและความกังวลในการรักษา ทำให้ผู้ป่วยใช้ยาไม่ครบตามที่แพทย์สั่ง แสดงให้เห็นว่าความมั่นใจของบุคลากรเพียงอย่างเดียวไม่อาจรับประกันผลลัพธ์ทางคลินิก หากผู้ป่วยยังประสบปัญหาในการใช้ยา ดังนั้นบทบาทของเภสัชกรจึงมีความสำคัญในการแก้ปัญหา โดยควรพิจารณา

[1] โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

[1] Uttaradit Hospital, Uttaradit 53000

*Corresponding author : drchittawan@hotmail.com

ข้อจำกัดด้านการปฏิบัติจริงและความร่วมมือของผู้ป่วย ให้คำปรึกษา ติดตามผล และสนับสนุนการใช้ยาอย่างถูกต้องร่วมกับทีมสหวิชาชีพ เพื่อเพิ่มความร่วมมือของผู้ป่วยและเกิดประสิทธิผลในการรักษาสูงสุด

คำสำคัญ : ผู้ป่วยแบบประคับประคอง, กัญชาทางการแพทย์, ทีมสหวิชาชีพ, เภสัชกร, ปัญหาด้านยา

Abstract

This study aimed to develop and evaluate the role of pharmacists in providing home-based palliative care for medical cannabis users with a multidisciplinary Team. A participatory action research design with prospective data collection. The study population was categorized into two groups: nine healthcare professionals and thirteen palliative care patients utilizing medical cannabis. Participants were recruited through purposive sampling. A structured questionnaire was employed as the research instrument. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and the paired t-test.

The results showed that the pharmacist's roles included 1) coordination, 2) assessment of the efficacy of medical cannabis, 3) identification of medication problems and adverse reactions, 4) education about medical cannabis, and 5) assessment of previously encountered medication problems to prepare for future home visits. The development results showed that DRPs were found to increase by an average of 1.5 problems per case, with the majority related to treatment efficacy at 57.9%. When considering the severity of DRPS according to the NCCMERP Index criteria, most DRPs were at category D, meaning the problem occurred and required special monitoring. The most common cause was patient-caused dependence at 52.6%. Regarding safety, the most common adverse effects from cannabis were 31.6%, with dry mouth and throat being the most common at 66.7%. All patients were able to continue taking their medication by reducing the dosage, and no serious side effects, or cannabis-induced psychosis, were observed. The most common solution was addressing the problem through a prescriber. Medication issues are reported to prescribers and resolved collaboratively with pharmacists, patients, caregivers, and the interdisciplinary team. The majority of patients accept the pharmacist's advice. Patients have increased knowledge about the medical cannabis and are highly satisfied overall.

However, treatment effectiveness remained limited by patient-related factors such as medication adherence and treatment-related anxiety, leading to incomplete use of prescribed medication. This demonstrates that healthcare professionals' confidence alone cannot guarantee clinical outcomes if patients still face difficulties in medication use. Therefore, the role of pharmacists is crucial in solving this problem. Pharmacist should consider practical limitations and patient cooperation, provide counseling, follow-up, and support proper medication use in collaboration with a multidisciplinary team to increase patient cooperation and maximize treatment effectiveness.

Keywords: Palliative care, Medical cannabis, Multidisciplinary Team, Pharmacist, Drug-related problems

บทนำ

การดูแลแบบประคับประคอง (Palliative care) เป็นแนวทางการดูแลผู้ป่วยที่ถูกนำมาใช้กับผู้ป่วยระยะสุดท้าย รวมถึงผู้ป่วยที่ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ เพื่อบรรเทาอาการเจ็บป่วย ช่วยให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีในช่วงสุดท้ายของชีวิต คำนึงถึงความต้องการและความปรารถนาของผู้ป่วยและครอบครัว โดยให้การดูแลทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และจิตวิญญาณ [1] องค์การอนามัยโลกพบผู้ป่วยที่ต้องได้รับการดูแลแบบประคับประคองประมาณ 40 ล้านคน แต่มีเพียงร้อยละ 14 เท่านั้นที่ได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม [2] เนื่องจากผู้ป่วยระยะท้ายมักมีความทุกข์ทรมานจากการเจ็บป่วย มีความซับซ้อนในการรักษา มีปัญหาอาการรบกวนรุนแรงในหลาย ๆ ด้าน เช่น อาการปวด หายใจลำบาก อาเจียน รับประทานอาหารไม่ได้ วิตกกังวล สับสน โดยพบว่าภาวะปวดที่มีความรุนแรงเป็นสาเหตุหลักที่สร้างความทุกข์ทรมานให้ผู้ป่วยถึงร้อยละ 70–80 และร้อยละ 70–90 ของผู้ป่วยต้องการกลับไปรักษาตัวและเสียชีวิตที่บ้าน ซึ่งปัญหาที่พบได้บ่อยเมื่อผู้ป่วยรักษาตัวที่บ้าน คือ ผู้ป่วยและผู้ดูแลไม่สามารถบริหารยาตามคำสั่งแพทย์อย่างถูกต้องเหมาะสม เพราะบางครั้งจำเป็นต้องใช้ยาแก้ปวดกลุ่ม opioids ซึ่งในระยะที่ผู้ป่วยสามารถรับประทานได้ ควรให้ในลักษณะรับประทาน หากผู้ป่วยไม่สามารถรับประทานได้ แพทย์อาจพิจารณาใช้ยาแก้ปวดชนิดอื่น หรือใช้การบำบัดความปวดโดยไม่ใช้ยา เช่น แผ่นประคบร้อน/เย็น การนวด การรักษาทางจิตวิทยา หรือวิธีการอื่นๆ เช่น การใช้กิจกรรมการผ่อนคลายสำหรับผู้ป่วยรูปแบบต่างๆ รวมทั้งการใช้น้ำมันกัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษา เพราะหนึ่งในข้อแนะนำการใช้ผลิตภัณฑ์กัญชาทางการแพทย์ที่ได้ประโยชน์ที่มีหลักฐานทางวิชาการสนับสนุนชัดเจน ได้แก่ การเพิ่มคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยที่ได้รับการดูแลแบบประคับประคองหรือผู้ป่วยระยะสุดท้ายของชีวิต [3]

แนวทางการดูแลแบบประคับประคอง เป็นทำงานของทีมสหวิชาชีพ ดูแลตั้งแต่เริ่มแรกที่ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยเป็นผู้ป่วยระยะสุดท้าย มีการติดตามการรักษาอย่างสม่ำเสมอไปจนถึงระยะหลังการเสียชีวิต มีการบูรณาการองค์ความรู้ต่างๆ ร่วมกัน ซึ่งเภสัชกรถือเป็นส่วนสำคัญในทีม เพราะการดูแลผู้ป่วยนั้นต้องมีการใช้ยาเพื่อบรรเทาอาการทุกข์ทรมานต่างๆ โดยเภสัชกรมีบทบาทสำคัญในการให้คำปรึกษาเรื่องการใช้ยาแก่ทีม รวมถึงแก่ผู้ป่วยและครอบครัวหรือผู้ดูแล และยังมีหน้าที่ในการจัดหายาที่จำเป็นสำหรับการดูแลผู้ป่วย การจัดระบบการกระจายยา การเข้าถึงยา และการดูแลเกี่ยวกับกระบวนการใช้ยาและจัดการปัญหาด้านยาตามแนวทางที่เหมาะสม รวมถึงการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ยา เนื่องจากผู้ป่วยบางรายมีการใช้ยาหลายรายการซึ่งอาจนำมาสู่การเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ เช่น กรณีมีการใช้น้ำมันกัญชาทาง sublingual ร่วมในการรักษาอาการปวด เภสัชจะพิจารณาขนาดยาและการบริหารยาที่เหมาะสมกับระดับความปวดของผู้ป่วย ร่วมกับการใช้ยากลุ่ม opioids [4–7]

โรงพยาบาลอุตรดิตถ์เป็นโรงพยาบาลศูนย์ขนาด 620 เตียง มีระบบการวินิจฉัยและการให้บริการแบบประคับประคอง มีบุคลากรที่สามารถสั่งใช้ยา จ่ายยา และบริหารยาแก้ปวดกลุ่มต่างๆ ยากลุ่ม opioids กัญชาทางการแพทย์ และรายการยาที่จำเป็นต่างๆ รวมถึงมีระบบการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองต่อเนื่องที่บ้าน โดยมีการทำ Advance Care Planning (ACP) เพื่อเตรียมผู้ป่วยให้มีความพร้อมกลับไปดูแลต่อเนื่องที่บ้าน ซึ่งปัจจุบันเภสัชกรทำหน้าที่เฉพาะการจ่ายยาเท่านั้น ไม่ได้มีการติดตามประสิทธิภาพ ผลข้างเคียงจากยา ความร่วมมือในการใช้ยาระงับปวด และไม่ได้มีการให้สุขศึกษาหลังผู้ป่วยได้รับยากลับบ้านหรือติดตามเยี่ยมบ้านร่วมกับทีม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าบทบาทหน้าที่ของเภสัชกรที่มีการปฏิบัติกันมากที่สุดในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง คือการให้บริบาลทางเภสัชกรรมเพื่อบรรเทาอาการที่เกิดขึ้นทางกาย และผลของการบริบาลทางเภสัชกรรมมีผลต่อคุณภาพชีวิตด้านการบำบัดด้วยยาในผู้ป่วยนอก โดยกลุ่มที่ได้รับการบริบาลทางเภสัชกรรมมีคะแนนคุณภาพชีวิตด้านการใช้ยาดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม [5]

การทำ Advance Care Planning (ACP) เพื่อเตรียมผู้ป่วยแบบประคับประคองให้มีความพร้อมกลับไปดูแลต่อเนื่องที่บ้าน เป็นกระบวนการวางแผนดูและสุขภาพที่ทำไว้ก่อนที่ผู้ป่วยจะหมดความสามารถในการตัดสินใจ หรือเข้าสู่ระยะท้ายของชีวิต ควรเป็นสิ่งที่ผู้ป่วยต้องการในวาระสุดท้ายของชีวิตที่แท้จริง ไม่ใช่ยกการตัดสินใจในเรื่องการรักษาเหล่านี้ให้กลายเป็นหน้าที่ของครอบครัวหรือลูกหลานของผู้ป่วย ทำให้บางคนมีความรู้สึกลำบากใจหรือรู้สึกผิดหลังจากเลือกการรักษาต่างๆ ให้ผู้ป่วย เพราะอาจจะไม่ใช่สิ่งที่ผู้ป่วยต้องการหรือปรารถนา ซึ่งการวางแผนดูแลล่วงหน้าสามารถทบทวนได้เป็นระยะๆ ไม่จำเป็นต้องทำครั้งเดียวจบ เมื่อมีเหตุการณ์เปลี่ยนแปลงหรือมีสถานการณ์บางอย่างในชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปก็จะมีการทบทวน ติดตามแผนการดูแลล่วงหน้า และเปลี่ยนแปลงได้ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ ในปัจจุบัน กระทรวงสาธารณสุขได้มีนโยบายผลักดันให้เกิดการผสมผสานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกกับการแพทย์แผนปัจจุบัน โดยตั้งแต่ปี 2564 กลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก โรงพยาบาลอุตรดิตถ์ ได้เปิดให้บริการคลินิกกัญชาทางการแพทย์แบบบูรณาการ ซึ่งเป็นการดูแลผู้ป่วยที่รับน้ำมันกัญชาทั้งแผนไทยและแผนปัจจุบัน และเป็นยาทางเลือกที่ใช่ร่วมในการรักษาผู้ป่วยแบบประคับประคอง โดยในปีงบประมาณ 2565-2567 มีผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษา จำนวน 17, 12 และ 14 ราย ตามลำดับ [8] ดังนั้น การวิจัยเพื่อพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ จึงเป็นแนวทางในการติดตามดูแลผู้ป่วยที่ผู้วิจัยคาดว่า จะสามารถดูแลผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหาปัญหาและความต้องการของผู้ป่วย เพื่อให้การดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวทางการดูแลรักษาผู้ป่วยให้มีคุณภาพและได้มาตรฐานต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ

2. เพื่อประเมินผลลัพธ์การพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ

วิธีวิทยาการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เชิงปฏิบัติการแบบปฏิบัติ (Practical action research) รวบรวมข้อมูลไปข้างหน้า (Prospective data collection)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. การวิเคราะห์บริบท สภาพปัญหา และแนวทางพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ ประชากร เป็นบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองและการใช้กัญชาทางการแพทย์ จำนวน 22 คน และเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 9 คน ประกอบด้วย แพทย์ 1 คน เภสัชกร 1 คน พยาบาลวิชาชีพ 5 คน และแพทย์แผนไทย 2 คน

2. การพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ ใช้กลุ่มตัวอย่างเดิม จำนวน 9 คน ประกอบด้วย แพทย์ 1 คน เภสัชกร 1 คน พยาบาลวิชาชีพ 5 คน และแพทย์แผนไทย 2 คน

3. การประเมินผลลัพธ์การพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ ประชากร เป็นผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่ได้รับการเยี่ยมบ้านจากทีมสหวิชาชีพของโรงพยาบาลอุตรดิตถ์ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2567 ถึง 31 พฤษภาคม 2568 จำนวน 18 คน กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มอย่างง่ายโดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยตารางสำเร็จรูปของเครจซีและมอรแกน [9] ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากรเท่ากับ 0.5 ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5% และระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 17 คน

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria) ประกอบด้วย

1. ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นผู้ป่วยแบบประคับประคอง
2. มีการใช้กัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษา มากกว่า 1 เดือนขึ้นไป
3. ยินยอมให้ทีมสหวิชาชีพเยี่ยมบ้าน โดยลงนามในใบยินยอมรับการเยี่ยมบ้าน
4. ได้รับการเยี่ยมบ้านจากทีมสหวิชาชีพ อย่างน้อย 1 ครั้ง

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria) ประกอบด้วย

1. เสียชีวิตก่อนสิ้นสุดกระบวนการวิจัย

นิยามศัพท์

1. ผู้ป่วยแบบประคับประคอง หมายถึง ผู้ป่วยระยะสุดท้ายที่แพทย์ระบุความเห็นว่าไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ (รหัสวินิจฉัยโรค ICD-10 คือ Z515)

2. กัญชาทางการแพทย์ หมายถึง สารสกัด 2.7% THC: 2.5% CBD SL Oil 5 ml และน้ำมันกัญชาตำรับหมอเดชา 5 ml

3. ทีมสหวิชาชีพ หมายถึง แพทย์ เภสัชกร แพทย์แผนไทย พยาบาลวิชาชีพของคลินิกกัญชาทางการแพทย์ พยาบาลวิชาชีพของกลุ่มงานการพยาบาลชุมชน และพยาบาลวิชาชีพของคลินิกอารีรักษ์ ที่ให้การดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง

4. เภสัชกร หมายถึง เภสัชกรที่ปฏิบัติงานในคลินิกกัญชาทางการแพทย์แบบบูรณาการ กลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก

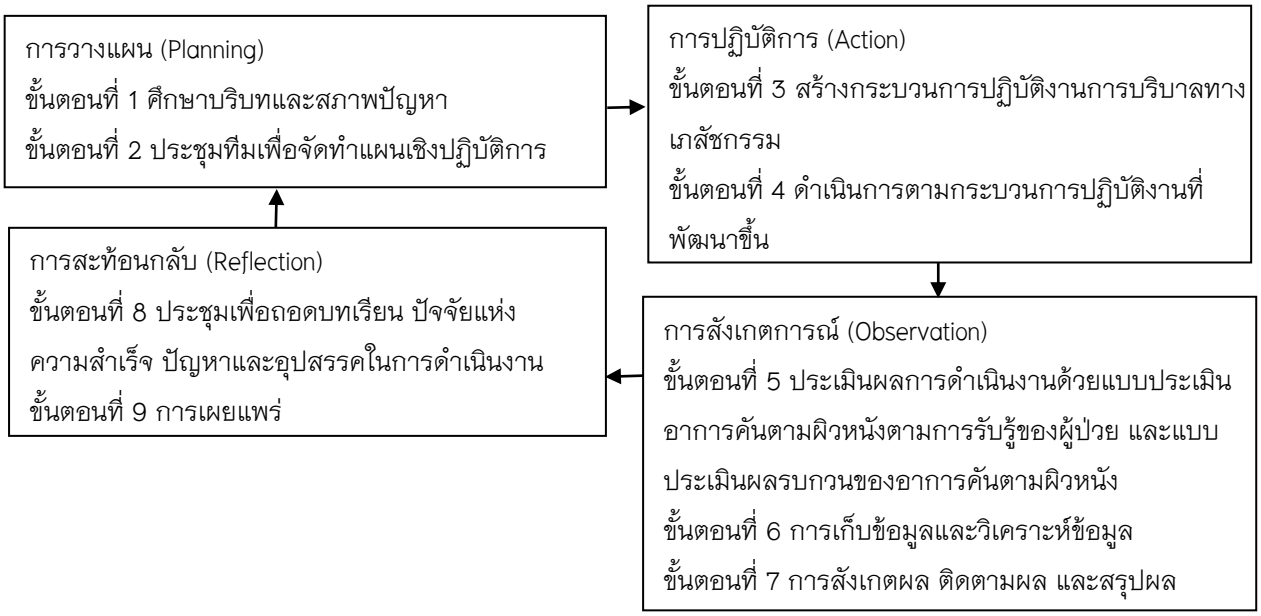
5. ปัญหาด้านยา หมายถึง เหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ให้เกิดขึ้นกับผู้ป่วยหรือมีโอกาสเกิดขึ้น โดยเป็นผลจากการใช้กัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษา ซึ่งจะเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงหรือรบกวนผลการรักษาที่ต้องการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ

1.1 ใช้การวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เชิงปฏิบัติการแบบปฏิบัติ (Practical action research) รวบรวมข้อมูลไปข้างหน้า (Prospective data collection) ดำเนินการเป็น 4 ระยะ ประกอบด้วย 1) การวางแผน (Planning) 2) การปฏิบัติ (Action) 3) การสังเกต (Observation) และ 4) การสะท้อนผล (Reflection)

ขั้นตอนการพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง ที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ



รูปที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาบทบาทเภสัชกร

ขั้นตอนการพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ (รูปที่ 1) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 การวางแผน (Planning) มี 2 ขั้นตอน

– ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาบริบทและสภาพปัญหา นโยบาย และแนวปฏิบัติของโรงพยาบาล ผู้วิจัยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลร้อยละการใช้กัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษาเพื่อบรรเทาอาการปวดและการจัดการอาการต่างๆ ในผู้ป่วยแบบประคับประคองจากฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์และประวัติในเวชระเบียนที่เข้ารับบริการ ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2566 ถึง 31 มีนาคม 2567 โดยร่างกิจกรรมในการพัฒนาบทบาทของเภสัชกรในกระบวนการปฏิบัติงานในการเยี่ยมบ้านผู้ป่วยร่วมกับทีมสหวิชาชีพ ให้เหมาะสมกับบริบทและสภาพปัญหา

– ขั้นตอนที่ 2 การประชุมสนทนากลุ่ม (Focus group discussions) เพื่อจัดทำแผนเชิงปฏิบัติการ ทีมสหวิชาชีพที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองเข้าร่วมประชุมจัดทำแผนเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วย แพทย์ 1 คน แพทย์แผนไทย 2 คน เภสัชกร 1 คน พยาบาลวิชาชีพ คลินิกกัญชาทางการแพทย์ 1 คน พยาบาลวิชาชีพ คลินิกอารีรักษ์ (ดูแลผู้ป่วยประคับ ประคอง) 2 คน และพยาบาลวิชาชีพ กลุ่มงานการพยาบาลชุมชน (เยี่ยมบ้าน) 2 คน รวม 9 คน ร่วมกันพิจารณาแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้กัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษาในผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ยังไม่บรรลุเป้าหมาย และแนวทางการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองของทีมสหวิชาชีพ เพื่อพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ ตามประเด็น ดังนี้

1. รูปแบบการทำงานแบบเดิมของเภสัชกร ปัญหาที่พบ และสิ่งที่ทีมสหวิชาชีพต้องการจากเภสัชกรในการทำงานร่วมกันเป็นทีม

2. ทำข้อตกลงในการเลือกใช้แนวทางการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

3. การกำหนดเครื่องมือจำเป็นที่จะต้องใช้ในการทำงานในคลินิกประคับประคองให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน

4. ชี้แจงรูปแบบกิจกรรมในการบริบาลผู้ป่วยของเภสัชกรในรูปแบบใหม่ ดังนี้

– การติดตามประสิทธิภาพของกัญชาทางการแพทย์ที่ใช้ร่วมในการรักษา เช่น ระดับการปวด ความอยากอาหาร และการนอนหลับ

– การค้นหาปัญหาด้านยา

– การติดตามความร่วมมือในการใช้กัญชาทางการแพทย์ของผู้ป่วย

– การให้ความรู้เรื่องการใช้กัญชาทางการแพทย์ การปฏิบัติตัว การติดตาม และผลข้างเคียง

5. ให้แต่ละวิชาชีพช่วยกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเรื่องปัญหาของทีม สิ่งที่ทีมจะพัฒนาต่อไปในอนาคต และตัวชี้วัดที่เป็นเป้าหมายของทีม

6. กำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละวิชาชีพที่ชัดเจน ดังนี้

6.1 แพทย์ ทำหน้าที่ประเมินปัญหาสุขภาพของผู้ป่วย ค้นหาปัญหาของผู้ป่วยหรือครอบครัวที่ต้องแก้ไขตามลำดับความเร่งด่วน และวางแผน กำหนดเป้าหมายการรักษาร่วมกันกับผู้ป่วยและครอบครัว

6.2 แพทย์แผนไทย ทำหน้าที่ ร่วมดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองเกี่ยวกับอาการไม่สุขสบายทางด้านร่างกาย เช่น ปวด ตึง เมื่อยล้ากล้ามเนื้อ แขนขาบวม ชาปลายแขนหรือปลายขา ท้องผูก ท้องอืด ตาม แนวทางเวชปฏิบัติทางการแพทย์แผนไทย

6.3 พยาบาล ทำหน้าที่ประเมินระดับผู้ป่วยที่ได้รับการดูแลแบบประคับประคอง (PPS) ในทุกครั้งที่ไปเยี่ยมบ้าน เตรียมผู้ดูแลผู้ป่วย ประเมิน caregiver burden ประเมินความต้องการของครอบครัว ที่อยู่อาศัย สิ่งแวดล้อม และวางแผนการดูแลล่วงหน้าก่อน ผู้ป่วยจะเสียชีวิต (Advance care plan) เมื่อผู้ป่วยและครอบครัวพร้อม และให้การพยาบาลแบบประคับประคอง ทำหัตถการต่าง ๆ ร่วมกับแพทย์

6.4 เภสัชกร ทำหน้าที่ จับประเด็นของผู้ป่วยในระหว่างที่แพทย์และพยาบาลคุยกับผู้ป่วยหรือญาติ ทบทวนการใช้ยาทุกอย่างที่ผู้ป่วยใช้ และจดบันทึก สอบถามถึงการใช้กัญชาทางการแพทย์ของผู้ป่วย เพื่อติดตามความร่วมมือในการใช้ยา และค้นหาปัญหาด้านยา กรณีพบปัญหา ทำการปรึกษาทีมเพื่อหาแนวทางแก้ไขร่วมกัน และบันทึกประเด็นในการติดตามครั้งต่อไป

7. นำข้อสรุปที่ได้จากการสนทนากลุ่มไปสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดทำแนวทางการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านของโรงพยาบาล และนัดหมายวันเริ่มปฏิบัติการตามกระบวนการ

ระยะที่ 2 การปฏิบัติการ (Action)

– ขั้นตอนที่ 3 สร้างแนวทางการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยสร้างตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของทีมสหวิชาชีพที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง วางแนวทางการพัฒนางานเยี่ยมบ้านของเภสัชกรร่วมกับทีมสหวิชาชีพให้บรรลุเป้าหมายตามตัวชี้วัด สามารถค้นหาปัญหาของผู้ป่วยได้ครอบคลุมมากขึ้น แก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ยาทุกชนิดที่พบในผู้ป่วย เพิ่มความร่วมมือในการใช้ยา และนำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดจัดทำเป็นแผนปฏิบัติการพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ

– ขั้นตอนที่ 4 การนำแผนปฏิบัติการพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ สู่การปฏิบัติ ประกอบด้วยกิจกรรม การดำเนินการประชุมชี้แจงแนวทางปฏิบัติและหน้าที่ของเภสัชกรแผนไทยในทีมสหสาขาวิชาชีพ และเริ่มการปฏิบัติตามแผนฯ ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2567

ระยะที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observation)

– ขั้นตอนที่ 5 ติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยติดตาม สนับสนุนการดำเนินงาน ให้คำแนะนำ โดยรายงานและบันทึกผลทุกขั้นตอน เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ประเมินผลก่อนและหลังการศึกษาวิจัย

– ขั้นตอนที่ 6 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มเก็บข้อมูลระหว่างเดือนตุลาคม 2567 ถึง มีนาคม 2568 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ และการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง ก่อนและหลังการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร โดยใช้สถิติ Paired t–test

– ขั้นตอนที่ 7 การสังเกตผล ติดตามผล และสรุปผล สังเกตผลการดำเนินงานและผลการประเมินต่างๆ ก่อนการดำเนินการ ระหว่างการดำเนินการ และหลังการดำเนินการ ทำการบันทึกผลทุกขั้นตอน

ระยะที่ 4 การสะท้อนกลับ (Reflection)

– ขั้นตอนที่ 8 ประชุมเพื่อถอดบทเรียน ปัจจัยแห่งความสำเร็จ ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน ดำเนินการประชุมทีมสหวิชาชีพที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง หลังได้ผลการศึกษา ทั้งกระบวนการปฏิบัติงานและผลลัพธ์ เพื่อค้นหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ในผู้ป่วยแบบประคับประคอง ในส่วนของประสิทธิภาพการรักษา และความร่วมมือในการใช้ยา และวิเคราะห์ปัญหาหรืออุปสรรคที่ส่งผลต่อการปฏิบัติงานเยี่ยมบ้าน โดยผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะแก่ทีมสหวิชาชีพเกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ ให้คำแนะนำผู้ป่วยเรื่องการใช้กัญชาร่วมในการรักษา ค้นหาปัญหา เสนอแนวทางป้องกันปัญหาที่เกิดจากการใช้ยา และประเมินปัญหาด้านยาที่พบครั้งก่อนหน้าเพื่อเตรียมการเยี่ยมบ้านครั้งต่อไป เพื่อให้ทีมสหวิชาชีพ ผู้ป่วย และญาติหรือผู้ดูแล มีการดูแลผู้ป่วยที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

– ขั้นตอนที่ 9 การเผยแพร่ นำเสนอผลการวิจัย ประเมินผลการดำเนินงานโดยเปรียบเทียบร้อยละการใช้กัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษาในผู้ป่วยระยะสุดท้าย เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความร่วมมือในการใช้กัญชาทางการแพทย์ของผู้ป่วย และจำนวนปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ ก่อนและหลังของการมีส่วนร่วมของเภสัชกรในการเยี่ยมบ้าน นำเสนอผลต่อทีมสหสาขาวิชาชีพโรงพยาบาลอุตรดิตถ์ และจัดทำแนวทางการเยี่ยมบ้านผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ เพื่อการพัฒนาต่อไป

1.2 แบบสนทนากลุ่มเพื่อศึกษาสถานการณ์การดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษา ความต้องการในการเยี่ยมบ้าน และแนวทางการเยี่ยมบ้าน โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

2. เครื่องมือที่ใช้ประเมินผลลัพธ์ของกิจกรรมในการพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

2.1 ส่วนที่ 1 ด้านผู้ให้บริการ ได้แก่

1) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนาบทบาทเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ที่บ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพของผู้ให้บริการ มีข้อคำถามทั้งหมด 5 ข้อ ลักษณะคำถามเป็น Likert scale 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมาย [10] ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
คะแนน 4 หมายถึง พึงพอใจมาก
คะแนน 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
คะแนน 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย
คะแนน 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

2.2 ส่วนที่ 2 ด้านผู้รับบริการ ได้แก่

1) แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล ของผู้ป่วยแบบประคับประคอง จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ ประวัติการใช้กัญชาทางการแพทย์ และอาการที่ใช้กัญชาทางการแพทย์ร่วมในการรักษา

2) แบบประเมินปัญหาด้านยา PCNE (Pharmaceutical Care Network Europe) เวอร์ชั่น 9.1 ที่แปลเป็นไทย โดยอรุณวรรณ ต่อกร [11] และได้รับอนุญาตแล้วจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ซึ่งผู้วิจัยประเมินชนิดของปัญหาด้านยา สาเหตุ วิธีการแก้ไข การยอมรับการจัดการ และผลลัพธ์ที่บันทึกไว้ในแบบบันทึกเยี่ยมบ้านด้านยา และประเมินปัญหาด้านยา PCNE โดยเลือกได้ 1 ข้อ (P1–P3) และประเมินความรุนแรงของปัญหาตามนิยามของ National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention (NCC MERP) [12] ว่ามีความรุนแรงในระดับใด (A–I) ได้แก่

ระดับ A เหตุการณ์ที่มีโอกาสผิดพลาด

ระดับ B เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นแต่ยังไม่ถึงผู้ป่วย

ระดับ C เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นถึงผู้ป่วยแล้ว แต่ไม่ได้รับอันตราย

ระดับ D เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นกับผู้ป่วย ต้องให้การดูแลเฝ้าระวังเป็นพิเศษ

ระดับ E เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นกับผู้ป่วย จนเกิดอันตรายชั่วคราวหรือต้องรักษาเพิ่มมากขึ้น

ระดับ F เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นกับผู้ป่วย จนต้องนอนโรงพยาบาลนานขึ้น

ระดับ G เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นกับผู้ป่วย จนทำให้พิการถาวร

ระดับ H เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นมีผลให้ผู้ป่วยพิการ หรือมีอันตรายถาวร

ระดับ I เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นมีผลทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิต

จากนั้นประเมินสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (C1–C9) โดยเลือกได้มากที่สุด 3 ข้อ พร้อมเลือกวิธีการแก้ไขปัญหา (I0–I4) ซึ่งสามารถเลือกได้มากที่สุด 3 วิธี จากนั้นประเมินการยอมรับการแก้ไขปัญหาด้านยา (A1–A3) โดยเลือกได้เพียง 1 ข้อ

3) แบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์ จำนวน 10 ข้อ ข้อคำถามมีลักษณะเป็นคำถาม 2 ตัวเลือก คือ ใช่/ไม่ใช่ การแปลความหมายคะแนนระดับความรู้ แบ่งคะแนนอิงเกณฑ์ 3 ระดับ ดังนี้ [13] ความรู้ระดับสูง (ร้อยละ 80.00 ขึ้นไป) ความรู้ระดับปานกลาง (ร้อยละ 60.00–79.90) และความรู้ระดับต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 60.00)

4) แบบประเมินความพึงพอใจ ต่อการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร (การเยี่ยมบ้านของทีมสหวิชาชีพในการดูแลผู้ป่วย และผู้ป่วย/ผู้ดูแล) มีข้อคำถามทั้งหมด 5 ข้อ ลักษณะคำถามเป็น Likert scale 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมาย [10] ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง พึงพอใจมาก

คะแนน 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

คะแนน 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

การเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวัดความรู้และระดับความพึงพอใจของผู้รับบริการในครั้งแรกและครั้งล่าสุดของการไปเยี่ยมบ้าน ซึ่งการให้ความรู้แก่ผู้ป่วยเป็นการให้ความรู้ทุกครั้งที่ไปเยี่ยมบ้าน โดยครั้งแรกจะเป็นการอธิบายโดยตรง แจกแผ่นพับ แจกเอกสารให้ความรู้เกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์ให้กับผู้ป่วยและผู้ดูแล ส่วนครั้งต่อไปจะเป็นการอธิบายโดยตรงและเปิดโอกาสให้ผู้ป่วยและผู้ดูแลถามตอบ โดยข้อคำถามที่ใช้วัดก่อนและหลังให้ความรู้เป็นคำถามเดียวกัน

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย

1. ศึกษาแนวคิดทฤษฎี งานวิจัย แนวทางการดำเนินงาน และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง สร้างเครื่องมือให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ และกรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัย

2. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ในการตรวจสอบด้านความตรงของเนื้อหา (Content validity) โดยนำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความตรงของเนื้อหา เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency: IOC) พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา มีค่ามากกว่า 0.50 ขึ้นไปทุกข้อคำถาม

3. การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบแก้ไขไปปรับปรุง ทดลองใช้ (Try out) กับผู้ป่วยที่มารับบริการที่คลินิกกัญชาทางการแพทย์ ซึ่งมีลักษณะของผู้ป่วยคล้ายกัน นำมาวิเคราะห์ความเชื่อมั่นด้วยวิธี Kuder-Richardson (KR-20) [14] ในส่วนของการประเมินความพึงพอใจที่มีมาตรวัดแบบ Rating Scale ตรวจสอบความเชื่อมั่นโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค [15] (Cronbach's alpha coefficient) โดยค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.86

4. เครื่องมือที่นำมาใช้มีการหาความเชื่อมั่นมาแล้ว ได้แก่ แบบประเมินปัญหาด้านยา PCNE ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.76

5. การตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการประชุมการสนทนากลุ่ม โดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วน แยกตามประเด็นปัญหา และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ ก่อนและหลังการพัฒนาบทบาทของเภสัชกรโดยใช้สถิติ Paired t-test

ผลการศึกษา

ส่วนที่ 1 ด้านบทบาทของเภสัชกร

จากการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร ในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่บ้าน ร่วมกับทีมสหวิชาชีพ พบว่าเภสัชกรมีบทบาทที่พัฒนาขึ้น ดังนี้

1. การประสานงาน

- ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย ครอบครัว ชุมชน ก่อนออกเยี่ยมบ้านร่วมกับทีมสหวิชาชีพ โดยเภสัชกรจะเน้นทบทวนประวัติการใช้ยาเดิม จากข้อมูลที่มีในโปรแกรม SSB จากนั้นทำการบันทึก สรุปข้อมูลผู้ป่วยที่ต้องไปเยี่ยมให้ทีมฟังในภาพรวม โดยข้อมูลผู้ป่วยมาจากการส่งต่อของคลินิกกัญชาทางการแพทย์แบบบูรณาการ ร่วมกับเวชระเบียนผู้ป่วย
- ส่งต่อข้อมูลประวัติผู้ป่วยให้ทีมเพื่อวางแผน วัน เวลา ลำดับบ้าน ที่จะออกไปเยี่ยมบ้าน กับทีมเยี่ยมบ้าน

ประกอบด้วย แพทย์ แพทย์แผนไทย เภสัชกร และพยาบาลวิชาชีพ

– ร่วมกับทีมสหวิชาชีพ กำหนดวัตถุประสงค์ของการไปเยี่ยมบ้านครั้งนั้นๆ ในแต่ละเคส (ศึกษาข้อมูลที่บันทึกไว้ประเด็นที่ต้องติดตามครั้งก่อน)

– นัดหมายแจ้งผู้ป่วยล่วงหน้า ขอความยินยอมในการเยี่ยมบ้านพร้อมทั้งลงนามในเอกสารยินยอมให้เยี่ยมบ้านกับผู้ป่วย ญาติหรือผู้ดูแล ที่มารับกัญชาทางการแพทย์ที่คลินิกกัญชาทางการแพทย์ ก่อนถึงวัน เวลา ที่ทีมจะเข้าไปเยี่ยมบ้าน โดยยึดตามความสะดวกของผู้ป่วยเป็นหลัก

– ประสานไปยังกลุ่มงานการพยาบาลชุมชน ซึ่งรับหน้าที่เป็นศูนย์ประสานการเยี่ยมบ้าน เพื่อประสานต่อไปยังพยาบาลคลินิกอารีรักษ์ พยาบาลหรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุข รพ.สต. หรือ อสม.ประจำพื้นที่ที่รับผิดชอบ เพื่อลงพื้นที่ร่วมกัน

2. การประเมินประสิทธิภาพของกัญชาทางการแพทย์

– ประเมินระดับความรุนแรงของความปวด (pain score) และอาการร่วมอื่น ๆ

– ประเมินความรู้เกี่ยวกับการใช้กัญชาร่วมในการรักษา พร้อมทั้งให้ความรู้เรื่องกัญชาทางการแพทย์ การปฏิบัติตัว การติดตามผลข้างเคียงจากยา และประเมินอีกครั้งหลังให้ความรู้

3. การค้นหาปัญหาด้านยา และติดตามความร่วมมือในการใช้ยา

– สอบถามถึงกัญชาทางการแพทย์ที่ใช้ ขนาด วิธีใช้ ความถี่ เวลาที่ใช้ เพื่อช่วยดูว่าผู้ป่วยปฏิบัติตามคำสั่งแพทย์หรือคำแนะนำในการใช้หรือไม่

– หาสาเหตุของปัญหาด้านยา เช่น ผู้ป่วยไม่เข้าใจวิธีใช้ ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำในการใช้ เกิดอาการไม่พึงประสงค์ ผู้ป่วยไม่มีเงินหรือไม่สะดวกเดินทาง และให้คำปรึกษาแนะนำแก้ไขที่สาเหตุ

– ส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ยาตามคำสั่งแพทย์ ชี้แนะถึงข้อดีข้อเสียของความร่วมมือในการใช้ยา ซึ่งกรณีพบปัญหา เภสัชกรอาจสามารถแก้ไขปัญหาได้เอง หลังจากนั้นจึงส่งต่อข้อมูลให้ทีมสหวิชาชีพ เพื่อติดตามในการเยี่ยมบ้านครั้งต่อไป

4. การติดตามอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้กัญชาทางการแพทย์

– ติดตามอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้กัญชาทางการแพทย์ทุกครั้งที่ไปเยี่ยมบ้าน

– หาสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ เช่น การเกิดอันตรกิริยาของยา ผู้ป่วยแพ้ยา

– แนะนำเรื่องผลข้างเคียงของกัญชาทางการแพทย์ การจัดการ และการป้องกันผลข้างเคียงนั้นๆ

– ปรึกษาแพทย์เพื่อช่วยประเมินปัญหา และเสนอแนวทางแก้ไข หลังจากนั้นส่งต่อข้อมูลให้ทีม สหวิชาชีพ เพื่อติดตามอาการไม่พึงประสงค์ในการเยี่ยมบ้านครั้งต่อไป

5. การสรุปประเด็นที่ต้องติดตามผู้ป่วยในการเยี่ยมบ้านครั้งต่อไปร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพ จากนั้นทีมสหวิชาชีพช่วยกันสรุปเคส กำหนดระยะเวลาในการไปเยี่ยมบ้านครั้งต่อไป และบันทึกประเด็นที่ต้องติดตามในครั้งต่อไปของแต่ละวิชาชีพ เพื่อส่งต่อข้อมูลให้พื้นที่

ส่วนที่ 2 ด้านผู้ให้บริการ

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้ให้บริการต่อการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร ในกลุ่มผู้ให้บริการ (N=9)

หัวข้อ	จำนวนรายที่ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ระดับ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1. การออกแบบการเพิ่มบทบาท/การมีส่วนร่วมในการเยี่ยมบ้านของเภสัชกร ทำให้บรรลุเป้าหมายของทีม	5	4	0	0	0	4.56	91.20	มากที่สุด
2. ความรู้และทักษะเกี่ยวกับการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองของเภสัชกร	4	5	0	0	0	4.49	89.80	มาก
3. ความรู้เกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ของเภสัชกร	6	3	0	0	0	4.59	91.80	มากที่สุด
4. การค้นหาปัญหาด้านยาของเภสัชกรช่วยให้การทำงานของทีมฯ ง่ายขึ้น	4	4	1	0	0	4.43	88.60	มาก
5. การติดตามความร่วมมือในการใช้ยาของเภสัชกร ช่วยให้ผลการรักษาของผู้ป่วยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ	3	5	1	0	0	4.32	86.40	มาก
เฉลี่ย						4.48	89.60	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ความพึงพอใจต่อการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร ในกลุ่มผู้ให้บริการ โดยรวมอยู่ในระดับมาก (89.60%) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยในระดับมากที่สุด คือ ความรู้เกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ของเภสัชกร (91.80%) รองลงมา คือ การออกแบบการเพิ่มบทบาทของเภสัชกร (91.20%) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในระดับมาก คือ การติดตามความร่วมมือในการใช้ยาของเภสัชกร (86.40%)

ส่วนที่ 3 ด้านผู้รับบริการ

จากการทบทวนข้อมูลที่ได้ พบว่า มีการบันทึกข้อมูลของผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้กัญชาทางการแพทย์สมบูรณ์ จำนวน 13 ราย (เสียชีวิตในระหว่างการติดตามที่ถูกคัดออกจากการศึกษา จำนวน 4 ราย) ได้ผลการศึกษาดังนี้

ข้อมูลทั่วไป

ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 9 คน (ร้อยละ 61.5) มีอายุเฉลี่ย 62.6 ปี (อายุน้อยที่สุด 23 ปี และอายุมากที่สุด 92 ปี) เป็นผู้ป่วยแบบประคับประคองที่มีการวินิจฉัยโรคหลักมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ มะเร็งปอด มะเร็งเต้านม และมะเร็งลิ้น มีการใช้กัญชาทางการแพทย์ 2 ชนิด คือ 2.7% THC : 2.5% CBD SL Oil 5 ml และน้ำมันกัญชาตำรับหมอเดชา จำนวน 12 ราย (ร้อยละ 92.3) และ 1 ราย (ร้อยละ 7.7) ตามลำดับ ส่วนใหญ่ใช้รักษาอาการนอนไม่หลับ รองลงมา คือ เบื่ออาหาร และอาการปวดในระดับปานกลางถึงรุนแรง ตามลำดับ ผู้ป่วยได้รับการเยี่ยมบ้านเฉลี่ยคนละ 1.2 ครั้ง ใช้เวลาครั้งละ 1.0–1.5 ชั่วโมงในแต่ละราย

ชนิดของปัญหาด้านยา

พบปัญหาด้านยาจากการใช้กัญชาทางการแพทย์ 19 ครั้ง ในผู้ป่วยจำนวน 10 ราย (ร้อยละ 76.9 ของผู้ป่วยทั้งหมดที่ได้รับการเยี่ยมบ้าน 13 ราย) บางรายเกิดปัญหาด้านยาขึ้นหลายครั้งในการเยี่ยมบ้าน โดยพบปัญหาด้านยาตั้งแต่

1–3 ปัญหาต่อราย มีค่าเฉลี่ย คือ 1.9 ปัญหาต่อราย (คิดจากผู้ป่วยที่พบ DRPs 10 ราย) หรือ 1.5 ปัญหาต่อราย (คิดจากผู้ป่วยทั้งหมดที่ได้รับการเยี่ยมบ้าน 13 ราย) ร้อยละ 90.0 ของ DRPs พบโดยเภสัชกร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปและการค้นพบปัญหาด้านยา (N=13)

ข้อมูล	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	5	38.5
หญิง	8	61.5
อายุ (ปี)		
อายุเฉลี่ย (±SD) (ต่ำสุด, สูงสุด)	62.6±15.7 (23, 92)	
การวินิจฉัยโรคหลัก		
มะเร็งปอด	3	23.0
มะเร็งเต้านม	2	15.4
มะเร็งลิ้น	2	15.4
มะเร็งต่อมลูกหมาก	1	7.7
มะเร็งปากช่องคลอด	1	7.7
มะเร็งลำไส้ใหญ่	1	7.7
มะเร็งลำไส้ตรง	1	7.7
มะเร็งหลังโพรงจมูก	1	7.7
มะเร็งกระเพาะอาหาร	1	7.7
ชนิดของกัญชาทางการแพทย์		
2.7% THC: 2.5% CBD SL Oil 5 ml	12	92.3
น้ำมันกัญชาตำรับหมอเดชา 5 ml	1	7.7
ใช้รักษาเสริมในผู้ป่วยที่มีอาการ		
นอนไม่หลับ	6	46.2
เบื่ออาหาร	4	30.8
อาการปวดในระดับปานกลางถึงรุนแรง	3	23.0
ปัญหาด้านยาจากการใช้กัญชาทางการแพทย์ (ครั้ง)	19	
พบโดยเภสัชกร	18	94.7
พบโดยผู้ป่วย	0	0
พบโดยแพทย์ / แพทย์แผนไทย	1	5.3

ในปัญหาด้านยาจากการใช้กัญชาทางการแพทย์ 19 ครั้ง ชนิดของ DRPs ที่พบมากที่สุด คือ ด้านประสิทธิภาพการรักษา จำนวน 11 ครั้ง (ร้อยละ 57.9) รองลงมา คือ ด้านความปลอดภัยของการรักษา จำนวน 6 ครั้ง (ร้อยละ 31.6) และด้านอื่นๆ จำนวน 2 ครั้ง (ร้อยละ 10.5) ตามลำดับ

ปัญหาด้านประสิทธิภาพการรักษาที่พบมากที่สุด คือ ไม่ได้ผลจากการรักษา เช่น ผู้ป่วยรู้สึกกังวลและไม่ให้ความร่วมมือในการใช้ยาหรือใช้ยาไม่ครบตามที่แพทย์สั่ง ทำให้ผู้ป่วยไม่ได้ผลจากการรักษา และผู้ป่วยมะเร็งลิ้นที่ต้องบริหารยากัญชาใต้ลิ้นไม่ได้ผล รองลงมา คือ ผลการรักษาด้วยยาไม่เหมาะสม เช่น ผู้ป่วยรับประทานยาผิดขนาดและความถี่ ทำให้ผลการรักษาด้วยยาไม่เหมาะสม

ปัญหาด้านความปลอดภัยของการรักษาที่พบมากที่สุด คือ ผู้ป่วยเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์จากการใช้กัญชาทางการแพทย์ พบว่า อาการที่พบมากที่สุด คือ ปากแห้ง คอแห้ง จำนวน 4 ครั้ง (ร้อยละ 66.7) และมีอาการเวียนศีรษะ จำนวน 2 ครั้ง (ร้อยละ 33.3) ซึ่งผู้ป่วยทั้ง 6 รายสามารถใช้กัญชาต่อได้ โดยการลดปริมาณการใช้ลง และไม่พบผู้ป่วยที่มีอาการไม่พึงประสงค์ในระดับรุนแรง หรือ cannabis-induced psychosis

ปัญหาด้านอื่นๆ คือ การได้รับยาที่ไม่จำเป็น เช่น ผู้ป่วยซื้อยากลุ่ม NSAIDs มารับประทานเพื่อลดอาการปวดเพิ่มเติม ซื้ออาหารเสริมหรือสมุนไพรที่มีสรรพคุณเกินจริงตามคำโฆษณา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ชนิดของปัญหาด้านยา (N=10)

ชนิดของปัญหา (Problems) (P)	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ
P1 ประสิทธิภาพการรักษา (Treatment effectiveness)	11	57.9
P1.1 ไม่ได้ผลจากการรักษา	7	36.8
P1.2 ผลการรักษาด้วยยาไม่เหมาะสม	4	21.1
P2 ความปลอดภัยของการรักษา (Treatment Safety)		
P2.1 เกิด/อาจจะเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับยา	6	31.6
ปากแห้ง คอแห้ง	4	21.1
เวียนศีรษะ (Dizziness)	2	10.5
Cannabis-induced psychosis	0	0
P3 อื่นๆ		
P3.2 การได้รับยาที่ไม่จำเป็น	2	10.5
รวม	19	100.0

ความรุนแรงของปัญหาด้านยา

เมื่อแบ่ง DRPs ตามระดับความรุนแรง พบว่า ความรุนแรง 3 อันดับแรกที่พบได้บ่อยอยู่ในระดับ D จำนวน 7 ครั้ง (ร้อยละ 36.8) รองลงมา คือ ระดับ C และ ระดับ E จำนวนอย่างละ 6 ครั้ง (ร้อยละ 31.6) โดยทั้ง 3 อันดับนี้เป็น DRPs ที่เกิดขึ้นถึงตัวผู้ป่วยแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4

ตัวอย่างเหตุการณ์ที่พบในระดับต่างๆ มีดังนี้

ระดับ C พบผู้ป่วยใช้ยาในขนาดที่ต่ำเกินไปหรือความถี่น้อยเกินไป ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วย

ระดับ D เป็นระดับที่พบมากที่สุด ได้แก่ ผู้ป่วยรับประทานสมุนไพรที่มีสรรพคุณเกินจริงและไม่มีเลขทะเบียน ผู้ป่วยใช้ยาในขนาดที่มากเกินไปจนมีผลต่อความปลอดภัยของผู้ป่วย ทำให้ผู้ป่วยง่วงซึมมากขึ้น และใช้กัญชาร่วมกับ fentanyl ที่แพทย์สั่งจ่ายจากโรงพยาบาล หรือ NSAIDs ที่ซื้อมาเอง

ระดับ E ได้แก่ ผู้ป่วยใช้กัญชาแล้วเกิดอาการปากแห้ง คอแห้ง หรือเวียนศีรษะ

ตารางที่ 4 ระดับความรุนแรงของปัญหาด้านยา (ประเมินตามนิยามของ NCC MERP. Index) (N=10)

ระดับความรุนแรงของปัญหาด้านยา	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ
ระดับ C เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นถึงผู้ป่วยแล้ว แต่ไม่ได้รับอันตราย	6	31.6
ระดับ D เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นกับผู้ป่วย ต้องให้การดูแลเฝ้าระวังเป็นพิเศษ	7	36.8
ระดับ E เหตุการณ์ปัญหาเกิดขึ้นกับผู้ป่วย จนเกิดอันตรายชั่วคราวหรือต้องรักษาเพิ่มมากขึ้น	6	31.6
รวม	19	100.0

สาเหตุของปัญหาด้านยา

การประเมินสาเหตุที่ทำให้เกิด DRPs ผู้ประเมินสามารถเลือกสาเหตุได้มากที่สุดไม่เกิน 3 ข้อ ซึ่งจาก DRPs 19 ครั้ง พบสาเหตุที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ

1) สาเหตุจากตัวผู้ป่วย จำนวน 10 ครั้ง (ร้อยละ 52.6) ได้แก่ ผู้ป่วยใช้ยาน้อยกว่าคำสั่งแพทย์เพราะกังวลเรื่องผลข้างเคียง ผู้ป่วยใช้ยามากกว่าคำสั่งแพทย์เพราะคาดหวังว่าจะระงับอาการปวดได้ดีขึ้น ทำให้ผู้ป่วยง่วงซึมมากขึ้น ผู้ป่วยวางกัญชาทางการแพทย์ไว้บริเวณที่อากาศร้อนและแดดจัดทำให้ยาเสื่อมสภาพ ผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ทำให้บริหารยาไม่ครบตามความถี่ เนื่องจากผู้ดูแลติดทำงานนอกบ้าน ผู้ป่วยสูงอายุมีอาการมือสั่นและบริหารยาเองทำให้การบริหารยาทาง sublingual ไม่ถูกต้อง และผู้ป่วยมะเร็งลิ้นที่ผ่าตัดลิ้นทิ้งจึงไม่สามารถบริหารยาทาง sublingual ได้

2) สาเหตุอื่นๆ จำนวน 6 ครั้ง (ร้อยละ 31.6) ได้แก่ อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาซึ่งเกิดจากฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ผู้ป่วยที่ใช้กัญชาแล้วมีอาการปากแห้ง คอแห้ง หรือเวียนศีรษะ

3) สาเหตุจากการเลือกใช้ยา จำนวน 3 ครั้ง (ร้อยละ 15.8) ได้แก่ ผู้ป่วยรับประทานสมุนไพรที่มีสรรพคุณเกินจริงและไม่มีเลขทะเบียน และผู้ป่วยใช้กัญชาร่วมกับ fentanyl และ NSAIDs ที่ซื้อมาเอง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาด้านยา (N=10)

สาเหตุของปัญหาด้านยา (Cause of DRPs) (C)	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ
C1 การเลือกใช้ยา	3	15.8
C1.3 เลือกใช้ยาร่วมกัน หรือยาร่วมกับสมุนไพร หรือยาร่วมกับอาหารเสริมไม่เหมาะสม	1	5.3
C1.4 ใช้ยาซ้ำซ้อน ยากลุ่มเดียวกัน/สารออกฤทธิ์เหมือนกัน	2	10.5
C7 สาเหตุจากผู้ป่วย	10	52.6
C7.1 ผู้ป่วยจงใจใช้ยาน้อยกว่าที่สั่ง หรือไม่ใช้ยาไม่ว่าด้วยเหตุผลใด	2	10.5
C7.2 ผู้ป่วยใช้ยามากกว่าที่สั่ง	2	10.5
C7.6 ผู้ป่วยเก็บยาไม่ถูกวิธี	1	5.3
C7.7 เวลาการบริหารยาหรือระยะห่างการใช้ยาไม่เหมาะสม	3	15.7
C7.8 ผู้ป่วยบริหารยาผิดวิถีทางการให้ยาโดยไม่ได้ตั้งใจ	1	5.3
C7.9 ผู้ป่วยไม่สามารถใช้ยา/รูปแบบยาที่สั่งได้	1	5.3
C9 สาเหตุอื่นๆ		
C9.2 อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา ซึ่งเกิดจากฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	6	31.6
รวม	19	100.0

การแก้ไขปัญหาด้านยา

จาก DRPs ที่พบ เภสัชกรได้ออกแบบและจัดการปัญหาให้แก่ผู้ป่วยทุกราย พบว่า มีการแก้ไข DRPs 74 ครั้ง วิธีแก้ไขปัญหาที่ใช้มากที่สุด คือ การแก้ปัญหาผ่านผู้สั่งใช้ยาจำนวน 27 ครั้ง (ร้อยละ 36.5 ของการแก้ไขปัญหาด้านยาทั้งหมด) ส่วนใหญ่ใช้วิธีการหารือแนวทางแก้ปัญหากับผู้สั่งใช้ยา จำนวน 16 ครั้ง (ร้อยละ 21.6) รองลงมา คือ การแก้ไขปัญหาด้านผู้ป่วยและผู้ดูแล จำนวน 26 ครั้ง (ร้อยละ 35.1) ส่วนใหญ่ใช้วิธีการให้คำปรึกษาด้านยาแก่ผู้ป่วย จำนวน 19 ครั้ง (ร้อยละ 25.7) และการแก้ไขปัญหาในเรื่องของตัวยา จำนวน 15 ครั้ง (ร้อยละ 20.3) ส่วนใหญ่ใช้วิธีการเปลี่ยนขนาดยา จำนวน 9 ครั้ง (ร้อยละ 12.1) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การแก้ปัญหาด้านยา (N=10)

การวางแผนแก้ไขปัญหา Planed Intervention (I)	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ
I1 ผู้สั่งใช้ยา (at prescriber level)	27	36.5
I1.1 แจ้งผู้สั่งใช้ยาเท่านั้น	8	10.8
I1.2 ขอข้อมูลเพิ่มเติมจากผู้สั่งใช้ยา	1	1.4
I1.3 เสนอแนวทางแก้ปัญหาต่อผู้สั่งใช้ยา	2	2.7
I1.4 หารือแนวทางแก้ปัญหากับผู้สั่งใช้ยา	16	21.6
I2 ผู้ป่วยหรือผู้ดูแล (at patient level)	26	35.1
I2.1 ให้คำปรึกษาด้านยาแก่ผู้ป่วย	19	25.7
I2.4 พูดคุยกับสมาชิกในครอบครัว/ผู้ดูแล	7	9.4
I3 ตัวยา (at drug level)	15	20.3
I3.1 เปลี่ยนยา	1	1.4
I3.2 เปลี่ยนขนาดยา	9	12.1
I3.4 เปลี่ยนคำแนะนำการใช้ยา	5	6.8
I4 อื่นๆ		
I4.1 รายงานผลข้างเคียงจากยาต่อหน่วยงานที่รับผิดชอบ (รายงาน อย.)	6	8.1
รวม	74	100.0

การยอมรับและดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านยา

การตอบรับของบุคลากรทางการแพทย์และผู้ป่วยในข้อเสนอของเภสัชกรในการศึกษานี้ พบว่า การจัดการปัญหาได้รับการยอมรับ 18 ครั้ง (ร้อยละ 94.7) จาก DRPs ทั้งหมด 19 ครั้ง และไม่ได้รับการยอมรับ 1 ครั้ง (ร้อยละ 5.3) ซึ่งเป็นผู้ป่วยยืนยันที่จะใช้ NSAIDs ที่ซื้อมาเองเมื่อมีอาการปวด แม้จะทราบถึงความเสี่ยงต่อความปลอดภัยด้านยาแล้ว

ผลลัพธ์ของการจัดการปัญหาด้านยา

จาก DRPs ที่พบทั้งหมด 19 ครั้ง ในผู้ป่วย 10 ราย พบว่า เภสัชกรสามารถจัดการปัญหาได้สำเร็จ 15 ครั้ง (ร้อยละ 78.9) ได้แก่ การให้คำแนะนำให้ผู้ป่วยใช้กัญชาเพื่อควบคุมอาการปวดตามขนาดและความถี่ตามแพทย์สั่ง รองลงมา คือแก้ไขได้บางส่วนจำนวน 3 ครั้ง (ร้อยละ 15.8) ได้แก่ ผู้ป่วยยังคงมีอาการปากแห้ง คอแห้ง แต่ยืนยันจะใช้กัญชาตามเดิม และแก้ไขไม่ได้จำนวน 1 ครั้ง (ร้อยละ 5.3) เนื่องจากขาดความร่วมมือจากผู้ป่วย

ตารางที่ 7 ความพึงพอใจของผู้มารับบริการต่อการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร ของกลุ่มตัวอย่าง (N=13)

หัวข้อ	จำนวนรายที่ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ระดับ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1. การให้ข้อมูลกัญชาทางการแพทย์จากเภสัชกร สามารถเข้าใจได้ง่าย	6	7	0	0	0	4.46	89.20	มาก
2. การเยี่ยมบ้านของเภสัชกร สามารถแก้ไขปัญหาการใช้ยาได้จริง	8	5	0	0	0	4.59	91.80	มากที่สุด
3. การดูแลของเภสัชกร คำนึงความต้องการของผู้ป่วยและครอบครัว	7	6	0	0	0	4.49	89.80	มากที่สุด
4. เภสัชกรได้ให้เวลากับท่านอย่างเพียงพอในการดูแลปัญหาด้านยา	5	6	2	0	0	4.32	86.40	มาก
5. การมีส่วนร่วมโดยรวมของเภสัชกรในทีมดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง	6	6	1	0	0	4.43	88.60	มาก
เฉลี่ย						4.50	90.00	มาก

จากตารางที่ 7 พบว่า ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ต่อการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร โดยรวมอยู่ในระดับมาก (90.0%) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความพึงพอใจต่อการเยี่ยมบ้านของเภสัชกร (91.80%) รองลงมามีค่าเฉลี่ยระดับมาก คือ การคำนึงความต้องการของผู้ป่วยและครอบครัวของเภสัชกร (89.80%) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในระดับมาก คือ ความพึงพอใจต่อการให้เวลาของเภสัชกร (86.40%)

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบคะแนนความรู้เรื่องการใช้สารสกัดกัญชาทางการแพทย์ ก่อนและหลังพัฒนาบทบาทของเภสัชกร ความรู้เรื่องการใช้สารสกัดกัญชาทางการแพทย์ (N=13)

ความรู้เรื่องการใช้สารสกัดกัญชาทางการแพทย์	$\bar{x}$	S.D.	t	p-value
ก่อนพัฒนาบทบาทเภสัชกร	5.77	1.41	8.50	0.00
หลังพัฒนาบทบาทเภสัชกร	8.23	0.73		

จากตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องการใช้กัญชาทางการแพทย์ ก่อนและหลังการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร พบว่า ภายหลังการพัฒนาบทบาทของเภสัชกร ผู้รับบริการมีความรู้เรื่องการใช้กัญชาทางการแพทย์เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการพัฒนา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาการพัฒนาบทบาทของเภสัชกรในการออกเยี่ยมบ้านติดตามผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้ยากัญชาทางการแพทย์ พบว่า ทำให้มีโอกาสพบ DRPs ได้มากขึ้น ซึ่งพบจำนวน DRPs เฉลี่ย 1.5 ปัญหาต่อราย ส่วนใหญ่เป็นเรื่องประสิทธิภาพการรักษา ร้อยละ 57.9 เมื่อพิจารณาระดับความรุนแรงของ DRPS ตามเกณฑ์ของ NCCMERP Index พบว่า DRPs ส่วนใหญ่มีความรุนแรงในระดับ D คือ เหตุการณ์ปัญหาเกิดกับผู้ป่วยแล้วต้องให้การดูแลเฝ้าระวังเป็นพิเศษ พบสาเหตุเกิดจากผู้ป่วยเองมากที่สุด ร้อยละ 52.6 ด้านความปลอดภัยส่วนใหญ่พบอาการไม่

พึงประสงค์จากยากัญชา ร้อยละ 31.6 อาการที่พบมากที่สุด คือ ปากแห้ง คอแห้ง ร้อยละ 66.7 โดยผู้ป่วยทุกรายสามารถใช้ยาต่อได้ โดยการลดปริมาณการใช้ลง และไม่พบผลข้างเคียงที่รุนแรง หรือ Cannabis-induced psychosis สำหรับวิธีแก้ไขปัญหาที่พบบ่อยที่สุด คือ การแก้ปัญหาผ่านผู้สั่งใช้ยา โดยมีการแจ้งปัญหาด้านยาต่อผู้สั่งใช้ยาและร่วมกันแก้ไขปัญหากับเภสัชกร ผู้ป่วย ผู้ดูแล และทีมสหวิชาชีพ ซึ่งส่วนใหญ่ยอมรับต่อคำแนะนำของเภสัชกร ส่งผลให้เกิดการจัดการปัญหาได้อย่างสมบูรณ์สูงถึงร้อยละ 94.7 จากปัญหาทั้งหมด 19 ปัญหา ซึ่ง DRPs เกือบทั้งหมด ร้อยละ 94.7 ถูกค้นพบโดยเภสัชกร และผู้รับบริการมีความรู้เรื่องการใช้กัญชาทางการแพทย์เพิ่มขึ้น และมีความพึงพอใจต่อการเยี่ยมบ้าน

การศึกษาครั้งนี้ พบข้อจำกัดจำกัดที่สำคัญ คือ ไม่ได้ประเมินการคงความรู้ของผู้ป่วย (knowledge retention) ทำให้ไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่าความรู้ที่ให้แก่ผู้ป่วย เมื่อเวลาผ่านไป ความรู้เหล่านี้จะยังคงอยู่หรือไม่ นอกจากนี้ความรู้อาจไม่ได้สัมพันธ์โดยตรงกับพฤติกรรมการใช้ยาหรือปัญหาด้านยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยระยะประคับประคองที่มีผู้ดูแลเป็นผู้จัดเตรียมยาให้ รวมทั้งการขาดกลุ่มควบคุม (self-control ไม่นับว่าเป็นกลุ่มควบคุม) ทำให้ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าความรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้ป่วยเกิดจากการจดคำข้อคำถามได้ หรือเกิดจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่ไม่ได้เกิดจากการมีความรู้ที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม แม้บุคลากรทางการแพทย์จะมีความมั่นใจในการใช้กัญชาทางการแพทย์เพิ่มขึ้นหลังมีประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วย แต่ประสิทธิผลของการรักษายังถูกจำกัดโดยปัจจัยของผู้ป่วย เช่น ความร่วมมือในการใช้ยาและความกังวลในการรักษา ทำให้ผู้ป่วยใช้ยาไม่ครบตามที่แพทย์สั่ง หรือในกรณีผู้ป่วยบางประเภท เช่น ผู้ป่วยมะเร็งลิ้น ที่ไม่สามารถบริหารยากัญชาใต้ลิ้นได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้การดูดซึมและผลการรักษาลดลง แสดงให้เห็นว่าความมั่นใจของบุคลากรเพียงอย่างเดียวไม่อาจรับประกันผลลัพธ์ทางคลินิก หากผู้ป่วยยังประสบปัญหาในการใช้ยา ดังนั้นบทบาทของเภสัชกรจึงมีความสำคัญในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะเรื่องประสิทธิผลการรักษาที่ลดลงจากความกังวลและความไม่ร่วมมือของผู้ป่วย ตลอดจนปัญหาเฉพาะรายของผู้ป่วย เช่น วิธีการบริหารยา โดยเภสัชกรควรพิจารณาข้อจำกัดด้านการปฏิบัติจริงและความร่วมมือของผู้ป่วย ให้คำปรึกษา ติดตามผล และสนับสนุนการใช้ยาอย่างถูกต้องร่วมกับทีมสหวิชาชีพ เพื่อเพิ่มความร่วมมือของผู้ป่วยและเกิดประสิทธิผลในการรักษาสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทีมสหวิชาชีพทุกท่านที่มีส่วนร่วมให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และเป็นส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้มีการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองที่ใช้ยากัญชาทางการแพทย์อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ปภัสรา วรรณทอง. เภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคอง (Pharmacist in palliative care) [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์ สภาเภสัชกรรม: 2562 [สืบค้นเมื่อ 30 ก.ค. 2567]. สืบค้นจาก: https://ccpe.pharmacycouncil.org/index.php?option=article_detail&subpage=article_detail&id=618

World Health Organization. Palliative care: global health observatory 2018 [Internet]. Geneva: WHO; 2018 [cited 2023 Jun 30]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/palliative-care

กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการดูแลผู้ป่วยแบบประคับประคองและระยะท้าย (สำหรับบุคลากรทางการแพทย์). นนทบุรี: กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2563: 9.

กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. คำแนะนำการใช้กัญชาทางการแพทย์. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3. นนทบุรี: กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2564: 3-5.

วราภรณ์ อุ่นจันทึก. การเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการให้บริบาลทางเภสัชกรรมผู้ป่วยประคับ ประคองในคลินิกประคับประคองผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิจัยและ พัฒนาด้านสุขภาพ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา. 2564; 7(1) : 32-44

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์ร่วมกับสมาคมการศึกษาเรื่องความปวดแห่งประเทศไทย. คำแนะนำการจัดการความปวดจากมะเร็ง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ธนาเพรส; 2565.

ทิพย์สุคนธ์ เจริญพันธ์, จันทรรัตน์ สิทธิวรนันท์. การพัฒนาบทบาทเภสัชกรในทีมสหวิชาชีพสำหรับ การจัดการอาการปวดด้วยยาในผู้ป่วยโรคมะเร็ง ระยะลุกลามอย่างต่อเนื่องจนถึงที่บ้าน โรงพยาบาล หนองเสือ จังหวัดปทุมธานี. ไทยไภษัชยนิพนธ์. 2022; 17(2):1-21.

โรงพยาบาลอุตรดิตถ์. (2567). สถิติการวินิจฉัยโรคผู้ป่วยนอก.

Krejcie RV, Morgan DW. Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement 1970; 30:607-10.

Best and Kahn James V. (1993). Research in Education. 7 th ed. Boston: Allyn and Bacon. p246.

อรุณวรรณ ต่อกร. (2563). ผลของการบริบาลเภสัชกรรมร่วมกับการติดตามการใช้ยาทางไกลในผู้ป่วยเบาหวานที่ใช้ยาฉีดอินซูลิน โรงพยาบาลโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร. [สืบค้นเมื่อ 20 มิ.ย. 2567]; สืบค้นจาก: https://mis2.kpo.go.th/r2rkm/file/20220422154122.pdf

Hartwig SC, Denger SD, Schneider PJ. Severity-indexed, incident report-based medication error-reporting program. Am J Health Syst Pharm. 1991; 48 (12):2611-6. doi: 10.1093/ajhp/48.12.2611.

Bloom, Benjamin S.,et al. (1971). Hand book on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York: Mc Graw-Hill Book Company.

Kuder GF, Richardson MW. The theory of estimation of test reliability. Psychometrika.1937; 2:151-60.

Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika. 1951; 16:297-334.

ภาวิณี อ่อนมุข, ศุภะลักษณ์ ฟักคำ. ความคาดหวังและความพึงพอใจในคุณภาพการให้บริการคลินิก กัญชาทางการแพทย์แผนไทยในหน่วยบริการของกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 12. 2564; 1(12): 742-52.

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยการเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วย การศึกษาจากเหตุไปหาผลแบบย้อนหลัง

A Comparative study of mortality factors among inpatients with *streptococcus suis*at a retrospective cohort study

กัญญามาส เนาว์แสง[1] ชุติมา ปัญญาแก้ว[1] พชรพล ศรีไชย[1] วุฒิพงศ์ โยกาส[1*] ศศิวรณันท์ หิรัญธีรารมย์[1*] และ ปอแก้ว เพ็ชร์คำ[2]

Kanyamas naosang[1], Chutima panyakaew[1], Phacharaphon srichai[1], Wuttipong yokart[1], Sasiworanan hiranteerarom[1*] and Porkaew petchkum[2]

บทคัดย่อ

สเตร็พโตค็อกคัสซูอิส เป็นเชื้อแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในทางเดินหายใจส่วนบนและระบบทางเดินอาหารของสุกร จัดเป็นโรคที่สามารถติดต่อจากสัตว์สู่คนจากการสัมผัสโดยตรง โดยเชื้อเข้าทางบาดแผลและปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการเสียชีวิต วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปและข้อมูลทางการแพทย์ของผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส และเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยด้านข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยและข้อมูลทางการแพทย์ต่อการเสียชีวิตของผู้ป่วยที่ติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช การศึกษาแบบ Retrospective cohort study ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2556 ถึง 30 มิถุนายน 2567 พบว่ามีจำนวน 51 ราย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ใช้สถิติเชิงพรรณนา สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ Mann–Whitney U test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 จากการศึกษาข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้ป่วย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ช่วงอายุ 55–64 ปี ไม่มีโรคประจำตัว และมีพฤติกรรมบริโภคเนื้อหมูดิบ อาการส่วนใหญ่มีไข้ และส่วนใหญ่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด การรักษาส่วนใหญ่รับยา Ceftriaxone ผลการรักษาส่วนใหญ่ดีขึ้น (92.16%) และเสียชีวิต (7.84%) ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยต่อการเสียชีวิตจากการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส พบว่า ในกลุ่มผู้ป่วยที่เสียชีวิตจากการติดเชื้อเสตร็พโตค็อกคัสซูอิส มีปัจจัยด้านอาชีพ โรคตับจากแอลกอฮอล์และภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.014, 0.025 และ 0.010 ตามลำดับ)

คำสำคัญ สเตร็พโตค็อกคัสซูอิส, ปัจจัย, การเสียชีวิต

[1] นิสิตแพทย์ชั้นปีที่ 4 คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] ภาควิชาอายุรกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช จังหวัดตาก 63000

[1] Fourth year medical student. Naresuan University, Phitsanulok 65000

[2] Infectious Internal medicine, Somdejphrajaotaksinmaharaj Hospital, Tak 63000

* Corresponding author: Research.taksin@hotmail.com

Abstract

Streptococcus suis is a bacterium that lives in the upper respiratory tract and digestive tract of pigs. It is a disease that can be transmitted from animals to humans through direct contact, through wounds, and other factors that affect mortality. Objective: To study the general characteristics and medical information of patients infected with *Streptococcus suis* in inpatients at Somdejphrajaotaksinmaharaj hospital and compare the factors in general characteristics and medical information to the mortality of patients infected with *Streptococcus suis* in inpatients at Somdejphrajaotaksinmaharaj hospital. Material and methods: the study was a retrospective cohort study. Data were collected between January 1, 2013 – June 30, 2024 from medical records, investigation full report and HOSxP program; Som– dejprachaotaksinmaharaj hospital. A total of 51 cases were analyzed with packaged program by using descriptive statistics and inferential statistics by Mann–Whitney U test, significance at 0.05. General characteristics of patients are mostly male aged 55–64 years Most patients had no underlying diseases and reported consuming raw pork. Fever was the most common presenting symptom, and the majority were diagnosed with bloodstream infection. Most patients received Ceftriaxone as the primary treatment. Overall, most with symptoms improving (92.16%), while 7.84% died.

Result: According to the Mann – Whitney U test, the comparative factors for mortality were different of occupations, alcoholic liver disease and infective endocarditis. This testing at the statistically significant (p = 0.014, 0.025, and 0.010, respectively).

Keyword Streptococcus suis, Factor, Mortality

บทนำ

Streptococcus suis (สเตร็พโตค็อกคัสซูอิส) เป็นเชื้อแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในทางเดินหายใจส่วนบนและระบบทางเดินอาหารของสุกร จัดเป็นเชื้อก่อโรคที่สามารถติดต่อจากสัตว์สู่คน (zoonosis) จากการสัมผัสโดยตรง โดยเชื้อเข้าทางบาดแผล และยังติดต่อได้จากการบริโภคเนื้อหมูดิบปนเปื้อนเชื้อ ระยะฟักตัวของโรคหลังสัมผัสเชื้อจากสุกรมีระยะเวลาตั้งแต่ 2 ชั่วโมง ถึง 14 วัน แต่ส่วนมากมีอาการหลังรับเชื้อไม่เกิน 3 วัน โดยมีอาการแสดงทางคลินิกที่พบบ่อย เช่น ภาวะเยื่อหุ้มสมองอักเสบ (meningitis) มีอาการไข้ ปวดศีรษะ คอแข็ง คลื่นไส้อาเจียน การได้ยินลดลงหรือหูดับ มีอาการเวียนศีรษะ (vertigo) มีรอยโรคที่ผิวหนัง เช่น petechiae, ecchymosis, cellulitis, myositis และ fasciitis หรือมีข้ออักเสบ (arthritis) ม่านตาอักเสบ (uveitis) นอกจากนี้อาจมีลักษณะทางคลินิกอื่น ได้แก่ การติดเชื้อในกระแสเลือดและการติดเชื้อในช่องท้อง ซึ่งส่วนมากเกิดในผู้ป่วยตับแข็งหรือดื่มสุรา มีการติดเชื้อในข้อ การเกิด Toxic shock syndrome (TSS) และลิ้นหัวใจอักเสบ หลังจากที่หายจากอาการป่วยแล้วอาจมีความผิดปกติของการทรงตัวและการได้ยิน หรือบางรายอาจเสียชีวิตก่อนเวลาอันควร เนื่องจากโรคนี้ก่อให้เกิดผลลัพธ์ในระยะยาวต่อสุขภาพและการดำเนินชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะการสูญเสียการได้ยินอย่างถาวรและสูญเสียการทรงตัวในการเคลื่อนไหว จึงเป็นโรคที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตค่อนข้างมาก

โรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสในประเทศไทยถือว่ามีความสำคัญทางสาธารณสุขอย่างหนึ่ง เนื่องจากเป็นสาเหตุที่พบบ่อยของภาวะเยื่อหุ้มสมองอักเสบ[1] โดยโรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส (*Streptococcus suis*) พบครั้งแรกใน

มนุษย์เมื่อปี พ.ศ. 2511 ที่ประเทศเดนมาร์ก มีผู้ป่วย 3 ราย อาการทางคลินิกทำให้เกิดเยื่อหุ้มสมองอักเสบ 2 ราย และติดเชื้อในกระแสเลือด 1 ราย การระบาดใหญ่ของโรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสในประเทศจีนเมื่อปี พ.ศ. 2548 มีจำนวนผู้ป่วย 233 ราย มีประวัติจากการสัมผัสกับสุกรหรือเนื้อหมูที่ติดเชื้อ ในปี พ.ศ. 2555 พบว่า ประมาณร้อยละ 90 ในทวีปเอเชีย รองลงมาได้แก่ ทวีปยุโรป ร้อยละ 8.5 ซึ่งผู้ติดเชื้อส่วนใหญ่เป็นคนที่มีประวัติสัมผัสกับสุกรอย่างใกล้ชิด[2] สำหรับสถานการณ์ในประเทศไทยมีรายงานครั้งแรกในปี พ.ศ. 2530 ข้อมูลจากระบบรับรายงานโรคติดต่อที่เฝ้าระวังทางระบาดวิทยา (รง.506) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – 2565 พบว่ามีรายงานผู้ป่วย 271 ราย[3] ซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องของผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส นอกจากนี้ยังคงมีรายงานผู้เสียชีวิตจากการติดเชื้อเป็นประจำทุกปี

ข้อมูลจากสำนักระบาดวิทยาประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550 มีรายงานผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดและสำนักป้องกันควบคุมโรครวมทั้งหมด 150 ราย เสียชีวิต 23 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 0.22 ต่อประชากรแสนคน อัตราตาย 0.04 ต่อประชากรแสนคน อัตราป่วยตายร้อยละ 17.97 ผู้ป่วยส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดภาคเหนือ เป็นการรายงานจาก 14 จังหวัด เมื่อแยกตามเขตตรวจราชการ 2 (ตาก พิษณุโลก เพชรบูรณ์ สุโขทัย อุตรดิตถ์) พบผู้ป่วยทั้งหมด 42 ราย เสียชีวิต 6 ราย แยกเป็น จังหวัดสุโขทัยมีผู้ป่วย 12 ราย เสียชีวิต 1 ราย (อำเภอเมือง อำเภอกงไกรลาศ และอำเภอศรีสัชนาลัย) จังหวัดเพชรบูรณ์มีผู้ป่วย 10 ราย (อำเภอเมือง อำเภอหล่มเก่า และอำเภอหล่มสัก) จังหวัดอุตรดิตถ์มีผู้ป่วย 18 ราย เสียชีวิต 4 ราย (อำเภอเมือง อำเภอพิชัย และอำเภอลับแล) และจังหวัดตากมีผู้ป่วย 2 ราย เสียชีวิต 1 ราย (อำเภอเมือง และอำเภอบ้านตาก)[4] และในปี พ.ศ. 2562 พบผู้ป่วยจำนวน 22 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 0.62 ต่อประชากรหนึ่งแสนคน มีรายงานผู้ป่วยเสียชีวิต 1 ราย จังหวัดที่มีอัตราป่วยต่อประชากรหนึ่งแสนคนสูงสุด คือ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีอัตราป่วยเท่ากับ 2.04 ต่อประชากรหนึ่งแสนคน รองลงมาคือ จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดตาก จังหวัดสุโขทัยและจังหวัดพิษณุโลก อัตราป่วยเท่ากับ 0.7, 0.32, 0.17 และ 0.12 ต่อประชากรหนึ่งแสนคน ตามลำดับ[5]

จากข้อมูลการรายงานผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสของสำนักสาธารณสุขจังหวัดตาก ปี พ.ศ. 2566 มีรายงานผู้ป่วยจำนวน 12 ราย แบ่งเป็นอำเภอเมืองตาก 9 ราย (เสียชีวิต 2 ราย) และอำเภอสามเงา 3 ราย พบว่า ผู้ป่วยเริ่มมีอาการหลังได้รับเชื้อภายใน 3 – 14 วัน มีอาการทางคลินิกและอาการทางระบบประสาทที่แสดง คือ ไข้สูง ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อและข้อ มีจ้ำเลือดออกตามตัวและผิวหนัง คอแข็ง ชัก มีข้อมูลสนับสนุนการรักษาและวินิจฉัยที่รวดเร็วสามารถลดภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงได้ โดยหากเข้ารับการรักษาที่ล่าช้า ผู้ป่วยประมาณร้อยละ 40 อาจเกิดเชื้อลุกลามเข้าไปยังระบบประสาท นำไปสู่การเกิดภาวะหูดับถาวรและหากรักษาไม่ทันท่วงทีอาจนำมาซึ่งการเสียชีวิตได้ ข้อมูลด้านวัฒนธรรมการรับประทานอาหารจากเนื้อหมูและเลือดหมูที่ปรุงแบบดิบ หรือสุก ๆ ดิบ ๆ เช่น ลาบ หลู้ เป็นต้น ของผู้ป่วย พบว่ามีความสัมพันธ์กับการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส[6]

จากการสืบค้นข้อมูลสถิติการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส กลุ่มผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ย้อนหลัง 10 ปี พบว่า มีรายงานผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสเป็นประจำทุกปี มีอาการและอาการแสดงทางคลินิกที่แตกต่างกันไปในแต่ละราย ซึ่งผู้ป่วยบางรายสามารถรักษาหาย บางรายอาจเกิดความพิการและบางรายถึงขั้นเสียชีวิต แต่ข้อมูลยังไม่ถูกนำมาเรียบเรียง วิเคราะห์และสรุปผล ทางผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญเกี่ยวกับการศึกษาโรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ตั้งแต่สถิติการเจ็บป่วย สถิติการเสียชีวิต อาการและอาการแสดง ลักษณะทางคลินิกตลอดจนปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตของผู้ป่วยที่ติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสได้ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยการเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ในครั้งนี้ เพื่อได้มาซึ่งข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการให้บริการสาธารณสุขเชิงรุกแก่กลุ่ม

เสี่ยงติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสและประชาชนทั่วไป ตลอดจนพัฒนาและปรับปรุงระบบบริการการรักษาเชิงรับแก่ผู้ป่วยที่เข้ารับการดูแลรักษาในหอผู้ป่วยในที่ติดเชื้อ สเตร็พโตค็อกคัสซูอิส โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปและข้อมูลทางการแพทย์ของผู้ป่วยที่ติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยด้านข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยและข้อมูลทางการแพทย์ ต่อการเสียชีวิตของผู้ป่วยที่ติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสมเด็จ

วิธีการศึกษา

รูปแบบการวิจัย (research design)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบ retrospective cohort study หรือ การศึกษาจากเหตุไปหาผลแบบย้อนหลัง ปี 2556 – 2567 ในผู้ป่วยโรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส กลุ่มผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช จำนวน 51 ราย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส กลุ่มผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2556 ถึง 30 มิถุนายน ปี พ.ศ. 2567 โดยมีเกณฑ์คัดเข้าคือ 1) เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัย ICD-10: A40.8 (Other streptococcal sepsis, not elsewhere classi- fied) กลุ่มผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2556 ถึง 30 มิถุนายน ปี พ.ศ. 2567 สืบค้นข้อมูลจากระบบ HOSxP โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช 2) เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจยืนยันผลการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส โดยวิธีเพาะเลี้ยงเชื้อ จากเลือดหรือน้ำไขสันหลัง 3) เป็นผู้ป่วยที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 51 ราย และเกณฑ์การคัดออก คือ ผู้ป่วยที่มีประวัติการรักษาไม่สมบูรณ์ ข้อมูลไม่ครบถ้วนไม่สามารถสืบค้นข้อมูลย้อนหลังในระบบฐานข้อมูลได้ ได้แก่ ไม่พบข้อมูลการจำหน่ายผู้ป่วยในระบบฐานข้อมูล ผู้ป่วยได้รับการส่งตัวไปรับการรักษายังสถานบริการอื่น เป็นต้น

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส กลุ่มผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2556 ถึง 30 มิถุนายน ปี พ.ศ. 2567 จำนวน 51 ราย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากแฟ้มเวชระเบียนผู้ป่วยที่มาเข้ารับการรักษาโรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส กลุ่มผู้ป่วยใน ข้อมูลเวชระเบียนจากระบบ HOSxP และรายงานสอบสวนโรคของโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ซึ่งแบบบันทึกข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป ประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ ที่อยู่อาศัย โรคประจำตัว พฤติกรรมการบริโภคเนื้อหมู/ ผลิตภัณฑ์จากหมูดิบ พฤติกรรมการสัมผัสสุกร การดื่มสุราและการสูบบุหรี่

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทางการแพทย์ ประกอบด้วย ระดับความรู้สึกตัว (Level of consciousness) อาการและอาการแสดง (Signs and Symptoms) ลักษณะทางคลินิก (Major Clinical Manifestations) ยาปฏิชีวนะที่ได้รับ (Antibiotics Drug) การได้รับยา Dexamethasone จำนวนวันนอนโรงพยาบาล และผลการรักษา ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ผลเพาะเชื้อ (Culture) และผลความไวของเชื้อต่อยาปฏิชีวนะ (Antimicrobial drug susceptibility test)

การคัดตามผลการรักษาโรคติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช การศึกษาจากเหตุไปหาผลแบบย้อนหลัง ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2556 ถึง 30 มิถุนายน ปี พ.ศ. 2567 จำนวน 51 ราย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ข้อมูลแสดงคุณลักษณะของประชากร นำเสนอด้วยความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) กำหนดระดับระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05 แสดงถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ
2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน (inferential statistics) ทดสอบหาค่าความแตกต่างของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป ข้อมูลทางการแพทย์ ต่อการเสียชีวิตของผู้ป่วยที่ติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสด้วยสถิติ non parametric คือ Fisher Exact test และ Mann-Whitney U test กำหนดความแตกต่างนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05 แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยที่ติดเชื้อ *S.suis* ในกลุ่มผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2556 ถึง 30 มิถุนายน ปี พ.ศ. 2567 พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 51 ราย แสดงลักษณะทั่วไปของประชากรผู้ป่วยที่ติดเชื้อ *S.suis* ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความแตกต่างของปัจจัยด้านคุณลักษณะทั่วไปต่อการตายของผู้ป่วยติดเชื้อ *S. suis*

ลักษณะที่ศึกษา	Total	Death (n=4, 7.8 %)		Improve (n=47, 92.2 %)		p-value
		n	%	n	%	
เพศ						0.308
เพศชาย	41 (80.4)	4	9.8	47	90.2 %	
เพศหญิง	10 (19.6)	0	0.0	0	0.0	
อายุ (ปี)	57.1±12.5	59.0±13.8	NA	57.0±12.5	NA	0.500

ลักษณะที่ศึกษา	Total	Death (n=4, 7.8 %)		Improve (n=47, 92.2 %)		*p*-value
		n	%	n	%	
อาชีพ						0.014*
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	12 (23.5)	0	0.0	12	100.0	
รับจ้างทั่วไป	27 (52.9)	1	3.7	26	96.3	
เกษตรกรรม	4 (7.8)	1	25.0	3	75.0	
ค้าขาย	1 (2.0)	0	0.0	1	100.0	
รับราชการ	2 (3.9)	0	0.0	2	100.0	
พระภิกษุสงฆ์	2 (3.9)	2	100.0	0	0.0	
ทำงานเกี่ยวกับสุกร	1 (2.0)	0	0.0	1	100.0	
อื่น ๆ #	2 (3.9)	0	0.0	2	100.0	
ที่อยู่อาศัย						1.000
อำเภอเมืองตาก	35 (68.6)	3	8.6	32	91.4	
อำเภอบ้านตาก	4 (7.8)	0	0.0	4	100.0	
อำเภอวังเจ้า	10 (19.6)	0	0.0	10	100.0	
อำเภอสามเงา	1 (2.0)	1	100.0	0	0.0	
อื่น ๆ +	1 (2.0)	0	0.0	1	100.0	
โรคประจำตัว						0.184
มีโรคประจำตัว	29 (56.9)	1	3.4	28	96.6	
ไม่มีโรคประจำตัว	22 (43.1)	3	13.6	19	86.4	
ความดันโลหิตสูง	15 (29.4)	1	6.7	14	93.3	0.842
โรคเบาหวาน	9 (17.6)	0	0.0	9	100.0	0.340
โรคไตเรื้อรัง	5 (9.8)	0	0.0	5	100.0	0.496
โรคต่อมหมวกไตเสื่อม	2 (3.9)	1	50.0	1	50.0	0.025*
โรคกระดูกสันหลังเสื่อม	1 (2.0)	0	0.0	1	100.0	0.770
กลุ่มผู้ป่วยภูมิคุ้มกันต่ำ	1(2)	0	0	1	100	0.770
ใช้ยากลุ่มกลูโคคอร์ติคอยด์	2 (3.9)	0	0	2	100	0.677
การบริโภคเนื้อหมูหรือ ผลิตภัณฑ์จากหมูปรุงดิบ						0.405
ไม่มี	23 (45.1)	1	4.3	22	95.7	
มี	28 (54.9)	3	10.7	25	89.3	

ลักษณะที่ศึกษา	Total	Death (n=4, 7.8 %)		Improve (n=47, 92.2 %)		*p*–value
		n	%	n	%	
พฤติกรรมการสัมผัสสุกรหรือเนื้อหมูดิบ						0.411
ไม่มี	44 (86.3)	4	9.1	40	90.9	
มี	7 (13.7)	0	0.0	7	100.0	
การดื่มสุรา						0.156
ดื่ม	21 (41.2)	3	14.3	18	85.7	
ไม่ดื่ม	30 (58.8)	1	3.3	29	96.7	
การสูบบุหรี่						0.863
สูบ	40 (78.4)	1	9.1	39	90.9	
ไม่สูบ	11 (21.6)	3	7.5	8	92.5	

อาชีพอื่น ๆ ได้แก่ ธุรกิจส่วนตัว และพนักงานบริษัท

+ ที่อยู่อื่น ๆ ได้แก่ อำเภอแม่สอด

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p – value < 0.05

จากตารางที่ 1 ทดสอบความแตกต่างของคุณลักษณะทั่วไปพบว่า มี 3 ปัจจัย ได้แก่ อาชีพ และโรคตับจากแอลกอฮอล์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 ความแตกต่างของปัจจัยด้านระดับความรู้สึกตัว อาการและอาการแสดง ลักษณะทางคลินิก ยาที่ได้รับ ระหว่างนอนโรงพยาบาลและผลการรักษาต่อการเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อ *S. suis*

ลักษณะที่ศึกษา	จำนวน (ร้อยละ)	Death (n=4, 7.8 %)		Improve (n=47, 92.2 %)		*p* – value
		n	%	n	%	
ระดับความรู้สึกตัว						0.208
ตื่นดี	37 (72.5)	2	5.4	35	94.6	
ง่วงซึม	11 (21.6)	1	9.1	10	90.9	
หลับสึก	2 (3.9)	0	0	2	100.0	
ไม่ตอบสนอง	1 (2.0)	1	100	0	0.0	
อาการและอาการแสดง						
ไข้	44 (86.3)	3	6.8	41	93.2	0.499
อาเจียน	19 (37.3)	1	5.3	18	94.7	0.601

ลักษณะที่ศึกษา	จำนวน (ร้อยละ)	Death (n=4, 7.8 %)		Improve (n=47, 92.2 %)		*p* – value
		n	%	n	%	
ถ่ายเหลว	12 (23.5)	1	8.3	11	91.7	0.943
คอแข็ง	12 (23.5)	2	16.7	10	83.3	0.198
ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ	9 (17.6)	0	0	9	100.0	0.340
เวียนศีรษะ	8 (15.7)	1	12.5	7	87.5	0.597
ความรู้สึกตัวเปลี่ยนแปลง	8 (15.7)	1	12.5	7	87.5	0.597
ลักษณะทางคลินิก	48 (94.1)	4	8.3	44	91.7	0.606
ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด	41 (80.4)	4	9.8	37	90.2	0.308
ภาวะเยื่อหุ้มสมองอักเสบเฉียบพลัน	18 (35.3)	1	5.6	17	94.4	0.657
ภาวะช็อกจากการติดเชื้อในกระแสเลือด	11 (21.6)	1	9.1	10	90.9	0.863
ภาวะติดเชื้อเกี่ยวกับกระดูกสันหลังหรือหมอนรองกระดูกสันหลัง	6 (11.8)	1	16.7	5	83.3	0.397
ภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจ	1 (2.0)	1	100.0	0	0.0	0.010*
ยาปฏิชีวนะที่ได้รับ						
Ceftriaxone	47 (92.2)	3	6.4	44	93.6	0.188
Penicillin G sodium	14 (27.5)	2	14.3	12	85.7	0.297
Vancomycin	5 (9.8)	0	0.0	5	100.0	0.496
Ampicillin	4 (7.8)	0	0.0	4	100.0	0.547
Doxycycline	4 (7.8)	0	0.0	4	100.0	0.547
Ciprofloxacin	3 (5.9)	0	0.0	3	100.0	0.606
การได้รับ dexamethasone						0.452
ไม่ได้รับ	45 (88.2)	4	8.9	41	91.1	
ก่อนได้รับยาปฏิชีวนะ	1 (2.0)	0	0.0	1	100.0	
หลังได้รับยาปฏิชีวนะ	5 (9.8)	0	0.0	5	100.0	
จำนวนวันนอนโรงพยาบาล	15.0±10.2	26.7±24.3	NA	14.0±7.9	NA	0.107

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p – value < 0.05

จากตารางที่2 ทดสอบความแตกต่างของระดับความรู้สึกตัว อาการและอาการแสดง ลักษณะทางคลินิก ยาที่ได้รับระหว่างนอนโรงพยาบาลและผลการรักษา พบว่า ภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 ทดสอบความแตกต่างของปัจจัยด้านผลตรวจทางห้องปฏิบัติการและผลเพาะเชื้อต่อการเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อ *S.suis*

ลักษณะที่ศึกษา	ผล	Death (n=4, 7.8 %)		Improve (n=47, 92.2 %)		*p* – value
		n	%	n	%	
Total bilirubin	1.3 ± 1.3	1.2±1.2	NA	1.2±1.3	NA	0.776
Direct bilirubin	0.8 ± 0.9	0.8±0.9	NA	0.8±1.0	NA	0.903
WBCs count	14,895.1 ± 6,128.2	14,127.0±4,448.2	NA	14,963.3±6,289.8	NA	0.961
Platelet count	241,565.2±12,7565.2	191,750.0±126,344.4	NA	218,000.0±126,302.1	NA	0.934
Albumin	3.4 ± 0.4	3.5±0.2	NA	3.4±0.5	NA	0.248
BUN	20.7 ± 12.6	25.1±19.3	NA	20.3±12.1	NA	0.506
Creatinine	1.3 ± 0.7	1.4±0.4	NA	1.3±0.7	NA	0.393
AST	96.7 ± 142.0	53.7±27.2	NA	100.8±147.9	NA	0.955
ALT	89.8 ± 127.8	20.7±16.5	NA	93.6±130.9	NA	0.248
ผลการเพาะเชื้อ						0.548
พบเชื้อจากการเพาะเชื้อในเลือด	47 (92.2)	4	8.5	43	91.5	
พบเชื้อจากการเพาะเชื้อในน้ำไขสันหลัง	1 (2.0)	0	0.0	1	100.0	
พบเชื้อจากการเพาะเชื้อในเลือดและน้ำไขสันหลัง	3 (5.9)	0	0.0	3	100.0	

จากตารางที่ 3 การทดสอบความแตกต่างผลตรวจทางห้องปฏิบัติการและผลเพาะเชื้อ พบว่า ไม่มีปัจจัยใดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 ความแตกต่างของปัจจัยด้านความไวของเชื้อแบคทีเรียต่อยาต้านแบคทีเรีย (antimicrobial susceptibility test) ต่อการเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อ *S.suis*

ลักษณะที่ศึกษา	จำนวน (ร้อยละ)	Death (n=4, 7.8 %)		Improve (n=47, 92.2 %)		*p* – value
		n	%	n	%	
Ampicillin						0.322
Susceptibility	26 (51.0)	3	11.5	23	88.5	
Intermediate	0	0	0.0	0	0.0	
Resistance	0	0	0.0	0	0.0	
Ceftriaxone						0.433
Susceptibility	15 (29.4)	2	13.3	13	86.7	
Intermediate	3 (5.9)	1	33.3	2	66.7	
Resistance	7 (13.7)	0	0.0	7	100.0	
Doxycycline						0.663
Susceptibility	2 (4.3)	0	0.0	2	100.0	
Resistance	45 (95.7)	4	8.9	41	91.1	
Erythromycin						0.658
Susceptibility	3 (5.9)	1	33.3	2	66.7	
Intermediate	1 (2.0)	0	0.0	1	100.0	
Resistance	43 (84.3)	3	7.0	40	93.0	
Ofloxacin						0.842
Susceptibility	36 (70.6)	3	8.3	33	91.7	
Penicillin G						0.442
Susceptibility	28 (54.9)	2	7.1	26	92.9	
Intermediate	5 (9.8)	1	20.0	4	80.0	
Tetracycline						0.564
Susceptibility	1 (2.0)	0	0.0	1	100.0	
Resistance	3 (5.9)	1	33.3	2	66.7	
Vancomycin						1.000
Susceptibility	36 (70.6)	4	11.1	32	88.9	

จากตารางที่ 4 การทดสอบความแตกต่างของปัจจัยด้านความไวของเชื้อต่อยาปฏิชีวนะ (antimicrobial susceptibility test) พบว่า ไม่มีปัจจัยใดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

จากการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยการเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช : การศึกษาจากเหตุไปหาผลแบบย้อนหลัง ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ปี พ.ศ. 2556 ถึง 30 มิถุนายน ปี พ.ศ. 2567 จำนวน 51 ราย การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยด้านข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยและข้อมูลทางการแพทย์ต่อการเสียชีวิตของผู้ป่วยที่ติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ในกลุ่มผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช พบว่า ปัจจัยที่มีความแตกต่างกันต่อการเสียชีวิตจากการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) มีทั้งหมด 3 ตัวแปร ได้แก่ กลุ่มอาชีพ, โรคตับจากแอลกอฮอล์ และภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจ

กลุ่มอาชีพ เมื่อศึกษาเปรียบเทียบอาชีพที่แตกต่างกัน พบว่ามีการเสียชีวิตจากการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.014$) จากการศึกษานี้ผู้เสียชีวิต 2 ใน 4 ราย เป็นพระภิกษุสงฆ์ พิจารณาถึงสาเหตุอาจมาจากอาหารตามวัฒนธรรมการบริโภคเนื้อหมูดิบในภาคเหนือ เช่น ลาบ หลู้ ส้า ทำให้ร่างกายรับเอาเชื้อโรคทั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัสมาจากของดิบ อีกทั้งพระภิกษุสงฆ์ไม่สามารถเลือกฉันได้ แต่พระมีสิทธิ์ในการควบคุมปริมาณในการฉันให้พอเหมาะพอดี[7,8] จากงานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงถึงความสัมพันธ์ของอาชีพกับการติดเชื้อ *S.suis* โดยเฉพาะอาชีพที่สัมผัสกับสุกรหรือมีการสัมผัสกับเนื้อหมูดิบ

โรคตับจากแอลกอฮอล์ เมื่อศึกษาเปรียบเทียบการมีและไม่มีโรคตับจากแอลกอฮอล์เป็นโรคประจำตัว พบว่ามีการเสียชีวิตจากการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.025$) จากการศึกษานี้ผู้เสียชีวิต 1 ราย มีโรคประจำตัว คือ โรคตับจากแอลกอฮอล์ ร่วมกับภาวะเลือดออกทางเดินอาหารส่วนต้นจากเส้นเลือดโป่งพอง ภาวะเกล็ดเลือดต่ำ ระดับ AST, ALT, Total bilirubin ที่สูงขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้สภาพร่างกายแย่ลงจนกระทั่งเสียชีวิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาจารี รายะนาคร และคณะ (2562)[9,10,11]

ภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจ เมื่อศึกษาเปรียบเทียบการมีและไม่มีภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจเป็นลักษณะทางคลินิก พบว่ามีการเสียชีวิตจากการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.010$) จากการศึกษานี้พบว่าผู้เสียชีวิต 1 ราย มีภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจ บริเวณลิ้นเอออร์ติก (Aortic Valve) ร่วมกับติดเชื้อ COVID-19 ทำให้เกิดภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ ควบคุมได้ยากจากตัวโรคที่รุนแรง จนทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิต ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิทยา หวังสมบูรณ์ศิริ และคณะ (2558)[12,13] ที่พบว่าการเป็นภาวะเยื่อบุหัวใจอักเสบ ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเสียชีวิตในผู้ป่วยติดเชื้อ *S. suis* ($p = 1.000$) และงานวิจัยของ อาจารี รายะนาคร และคณะ (2562)[11] ที่พบว่าการเป็นภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจอักเสบไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเสียชีวิตในผู้ป่วยติดเชื้อ *S. suis* ($p = 0.493$)

ส่วนของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตของผู้ป่วยติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิสที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่น เพศ อายุ พฤติกรรมการบริโภคเนื้อหมู/ ผลิตภัณฑ์จากหมูดิบ การดื่มสุรา ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ WBC, ALT, AST พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ อาจารี รายะนาคร และคณะ (2562)[11] ซึ่งพบว่า เพศ อายุ ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเสียชีวิตจากการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส ($p > 0.05$) และการศึกษาของ วิทยา หวังสมบูรณ์ศิริ และคณะ (2558)[12,14,15] ที่พบว่า เพศ อายุ พฤติกรรมการบริโภคเนื้อหมู/ ผลิตภัณฑ์จากหมูดิบ การดื่มสุรา ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ WBC, ALT, AST ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเสียชีวิตจากการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส

($p > 0.05$) อาจเป็นเพราะทั้งปัจจัยเรื่องเพศ ช่วงอายุ ในกลุ่มประชากรที่ศึกษามีรูปแบบวิถีชีวิต วัฒนธรรมความเชื่อที่ใกล้เคียงกัน ทั้งในพฤติกรรมการรับประทานอาหาร พฤติกรรมเสี่ยงสัมผัสสุกร การดื่มสุรา หรือปัจจัยด้านอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันในแง่ของการวิเคราะห์ทางสถิติ

สรุปผล

จากการศึกษาข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้ป่วย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (80.4%) ช่วงอายุ 55–64 ปี (33.3%, $\overline{x}$=57.12) รับจ้างทั่วไป (52.9%) ผู้เสียชีวิตส่วนใหญ่เป็นพระภิกษุสงฆ์ (50.0%) อาศัยอยู่ที่อำเภอเมืองตาก (68.6%) ไม่มีโรคประจำตัว (43.1%) บริโภคเนื้อหมูดิบ (54.9%) ไม่มีการสัมผัสสุกร (86.3%) ไม่ดื่มสุรา (58.8%) และสูบบุหรี่ (78.4%) ข้อมูลทางการแพทย์ส่วนใหญ่รู้สึกตื่นดี (72.5%) อาการและอาการแสดงส่วนใหญ่มีไข้ (86.3%) ลักษณะทางคลินิกส่วนใหญ่มีภาวะติดเชื้อในเลือด (80.4%) ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการมีภาวะเม็ดเลือดขาวสูง (81.6%) และภาวะเกล็ดเลือดต่ำ (18.4%) พบเชื้อจากการเพาะเชื้อในเลือด (92.2%) การรักษาส่วนใหญ่ได้รับยา Ceftriaxone (92.2%) การทดสอบความไวของเชื้อต่อยาปฏิชีวนะ คือ มีผลความไวของเชื้อต่อยา Ampicillin (100.0%), Vancomycin (100.0%), Penicillin G sodium (84.9%) และ Ceftriaxone (60.0%) จำนวนวันนอนโรงพยาบาลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 วัน (66.7%) ผลการรักษามีอาการดีขึ้น (92.2%) และเสียชีวิต (7.84%) ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยต่อการเสียชีวิตจากการติดเชื้อสเตร็พโตค็อกคัสซูอิส พบว่า ในกลุ่มผู้ป่วยที่เสียชีวิตจากการติดเชื้อเสตร็พโตค็อกคัสซูอิส มีปัจจัยด้านอาชีพ โรคตับจากแอลกอฮอล์และภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.014, 0.025 และ 0.010 ตามลำดับ)

ข้อเสนอแนะทางคลินิก

1. ในการบันทึกข้อมูลผู้ป่วยติดเชื้อ *S. suis* ควรมีการบันทึกข้อมูลที่สำคัญ เช่น ผลเพาะเชื้อ การซักประวัติตรวจร่างกายที่สำคัญ การวินิจฉัยโรค และลักษณะทางคลินิก อย่างชัดเจนและครบถ้วน
2. มีแนวทางการบริหารยาอย่างเป็นระบบ เช่น การมีใบประเมินการใช้ยา (Drug use evaluating ; DUE) เพื่อเป็นการประกันคุณภาพการใช้ยาอย่างเป็นระบบ เหมาะสม ปลอดภัย และเกิดความคุ้มค่าในการรักษามากที่สุด
3. เนื่องจากผลการศึกษาพบว่ามีตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตจากการติดเชื้อ *S. suis* ควรมีการซักประวัติ ตรวจร่างกาย รวมไปถึงการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องเพื่อคัดกรองโรคเบื้องต้น โดยเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรคตับจากแอลกอฮอล์ และผู้ที่มีภาวะติดเชื้อที่เยื่อบุหัวใจ

การยอมรับของกรรมการจริยธรรม

การศึกษาได้ผ่านการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช เลขที่ 15/2567 ได้เก็บข้อมูล จากรายงานการสอบสวนโรค แฟ้มประวัติ และเวชระเบียนในระบบ HOSxP ของโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ข้อมูลที่ได้นำมาใช้ใน การศึกษาวิจัยเท่านั้น ข้อมูลถูกเก็บเป็นความลับ การนำเสนอข้อมูล และการเผยแพร่จะกระทำในภาพรวม ไม่มีการระบุชื่อ – สกุลของผู้ป่วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากบุคคลหลายท่านทั้งทางตรง และทางอ้อม ผู้วิจัยขอขอบคุณพระคุณอาจารย์ ดร.ชำนาญ ปินนา นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก พญ.ปอแก้ว เพ็ชร์คำ ภาควิชาอายุรกรรม ผศ.(พิเศษ) พญ.รุจาภา เพชรเจริญ ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู นายยงยุทธ เม้ากำเหนิด งานป้องกันควบคุมโรคและระบาดวิทยา นางภคนันท์ สาดสี นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการ นางสาวศศิประภา ศรีวิชัย ผู้ช่วยนักวิจัย และเจ้าหน้าที่เวชระเบียน โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ที่ช่วยให้การศึกษา งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Sitthi W, Bongjaporn N, Chalom V. Factors Associated with *Streptococcus suis* Meningitis among Patients in Northern Thailand. Lanna Public Health Journal. 2020; 16(2): 1–12. (in Thai)
2. Suputtamongkol Y, Amavisit P, Sujariyakul A, Theerawat R, editors. Guidelines for prevention and control of *Streptococcus suis*. Bangkok: Aksorn Graphic and Design Publishing House Limited Partnership; 2022.
3. Kerdsin A. Human *Streptococcus suis* Infections in Thailand: Epidemiology, Clinical Features, Genotypes, and Susceptibility. Tropical Medicine and Infectious Disease. 2022; 7: 359.
4. Sampao R, Chaknam T, Rattanathamsakun T. Epidemiological study of fatal swine fever patients in Thailand during 2016–2020. 2022; 53(10): 141–150. (in Thai)
5. Buahong S. Factors affecting the behavior of people in Thung Saliam District, Sukhothai Province to prevent swine flu. Northern Science and Technology Journal. 2021; 2(2): 1–17.
6. Tak Provincial Public Health Office [Internet]. 2015 [accessed Jun 10, 2024]. Available from: http://www.tako.moph.go.th/takmoph2021/.
7. kalyanamitra group. Section 4: Bhochanavagga: Regarding food [Internet]. 2023 [accessed Jun 20, 2024]. Available from: https://kalyanamitra.org/th/article_detail.php?i=22128.
8. Kay R, Cheng AF, Tse TY. Streptococcus suis infection in Hong Kong. QJM 1995; 88: 39–47.
9. Ho DTN, Le TPT, Wolbers M, Cao QT, Nguyen VMH, Tran VTN, et al. Risk Factors of *Streptococcus suis* Infection in Vietnam. A Case-Control Study. PLoS ONE. 2011(8); 6(3): e17604.
10. The Royol College of Surgeons of Thailand. Guidelines for the treatment of surgical patients Disease: Appendicitis (APPENDICITIS) [Internet]. 2017 [accessed Jul 3, 2024]. Available from: https://www.rcst.or.th/web-upload/fileenter/CPG/Appendicitis.html.
11. Plearn Tonesanoi. Study of *Streptococcus suis* infection in patients admitted to hospital in Sa Kaeo Province. Chulalongkorn Medical Journal. 2018; 31(2): 50–65. (in Thai)
12. Nguyen Huy Hoang, Ngo Thi Hoa, Vu T, Le Tuan Linh, Thi T, Dinh Xuan Sinh, et al. *Streptococcus suis* Meningitis in Adults in Vietnam. 2008(1); 46(5): 659–667.

13. Wangsomboonsiri W, Luksananun T, Saksornchai S, Ketwong K, Sungkanuparph *Streptococcus suis* infection and risk factors for mortality. J Infect. 2008; 57(5): 392–396.

14. Rayanakorn A, Katip W, Goh BH, Oberdorfer P, Lee LH. Clinical Manifestations and Risk Factors of *Streptococcus suis* Mortality Among Northern Thai Population: Retrospective 13–Year Cohort Study. Infect Drug Resist. 2019; 12: 3955–3965. Wangkaew S, Chaiwarith R, Tharavichitkul P, Supparatpinyo K. *Streptococcus suis* infection: a series of 41 cases from Chiang Mai University Hospital. J Infect. 2006; 52(6):455–460.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของสารสกัดตรีผลาตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

Antioxidant and Anti-inflammatory activities of 50% ethanol extract of triphala

อรอนงค์ ภูกิ่งเงิน[1*] ปราณี ศรีราช[1] ปิยวดี คำสวัสดิ์[2] พรรณิภา เจ๊กแตงพะเนาว์[3] และ รัชฎาวรรณ อรรคนิมาตย์[1]

Onanong Phukingngoen[1*], Pranee Sriraj[1], Piyawadee Khamsawat[2], Phahannipha Chekdaengphanao[3] and Ratchadawan Aukkanimart[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาปริมาณสารสำคัญ ฤทธิ์การตานอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านการอักเสบของสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสารที่ตรวจพบได้เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานในการวิเคราะห์และแปรผล ทั้งนี้ตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการด้วยวิธี High-performance liquid chromatography(HPLC),2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic Acid (ABTS),2 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Ferric reducing antioxidant power (FRAP) และวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) ผลการศึกษาพบปริมาณสาระสำคัญ gallic acid, chebulagic acid และ ellagic acid ในปริมาณ 41.35 ± 0.39, 45.19 ± 5.10 และ 11.06 ± 1.11 mg/g ตามลำดับ พบสารประกอบฟลาโวนอยด์ ปริมาณ 154.20 ± 8.31 mg QCE/g และสารประกอบฟีนอลิกปริมาณ 268.53 ± 6.06 mg GAE/g พบฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทดสอบโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันต่างกัน เท่ากับ 25.78 ± 0.54 µg/mL, 19.64 ± 0.28 µg/mL และ 351.12 ± 6.24 mmol FeSO4/g ของสารสกัด ตามลำดับ สำหรับฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) เท่ากับ 106.87 ± 1.08 µg/mL สรุปสารสกัดตรีผลามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านการอักเสบในปริมาณสารที่ตรวจวัดได้ ทั้งนี้สำหรับเปนขอมูลสนับสนุนและส่งเสริมการใชประโยชนของยาตำรับตรีผลา เปิดโอกาสให้เกิดการใช้ยาเพื่อลดภาระจากการรักษาด้วยยาแผนปัจจุบันและพัฒนายาต่อไป

คำสำคัญ: ตรีผลา, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, ฤทธิ์ต้านการอักเสบ

[1] สาขาวิชาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47160

[2] โรงพยาบาลห้วยเกิ้ง อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี 41110

[3] สาขาวิชาแพทย์แผนไทย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จังหวัดศรีสะเกษ 33000

[1] Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus, Sakon Nakhon, 47160

[2] Huaikoeng Hospital Kumphawapi District, Udon Thani 41110

[3] Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Public Health, Chalermkarnchana University, Sisaket 33000

*Corresponding author : OnanongPhu19@hotmail.com

Abstract

An experimental study was conducted to investigate the quantity of active compounds, antioxidant activity, and anti-inflammatory activity of a 50% ethanol extract of Triphala. The detected compounds were compared with standard reference materials during analysis and interpretation. The analysis was performed using laboratory methods including High-performance liquid chromatography (HPLC), 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic Acid (ABTS) assay, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay, Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay, and measurement of nitric oxide (NO) inhibition.The study results found the quantities of the active compounds gallic acid, chebulagic acid, and ellagic acid to be 41.35 ± 0.39, 45.19 ± 5.10, and 11.06 ± 1.11 mg/g, respectively. The flavonoid content was found to be 154.20 ± 8.31 mg QCE/g, and the phenolic content was 268.53 ± 6.06 mg GAE/g.The antioxidant activity, tested using different techniques, yielded values of 25.78 ± 0.54 µg/mL, 19.64 ± 0.28 µg/mL, and 351.12 ± 6.24 mmol FeSO4/g of extract, respectively. The anti-inflammatory activity, measured by the inhibition of nitric oxide (NO) production, was found to be 106.87 ± 1.08 µg/mL. In conclusion, the *Triphala* extract exhibits antioxidant and anti-inflammatory activities in the quantities measured. This information serves to support and promote the utilization of the *Triphala* formula, offering an opportunity for its use to reduce the burden of modern pharmaceutical treatments and for further drug development.

Keywords: Triphala, Antioxidant, Anti-inflammatory

บทนำ

การอักเสบเปนภาวะที่ร่างกายตอบสนองเมื่อไดรับการกระตุนจากสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรค ซึ่งมีได้หลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการบาดเจ็บทางร่างกาย การบาดเจ็บจากการขาดเลือด การติดเชื้อ การสัมผัสกับสารพิษ หรือการบาดเจ็บประเภทอื่น ๆ เป็นต้น โดยการตอบสนองต่อการอักเสบของร่างกายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์และการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ซึ่งส่งผลให้เกิดการซ่อมแซมเนื้อเยื่อและการเจริญเติบโตของเซลล์ในบริเวณเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บ (Singh, et al., 2019) โดยในกระบวนการอักเสบเซลล์เม็ดเลือดขาว เชน macrophage และ lymphocytes ทำหน้าที่เกี่ยวข องกับกระบวนการอักเสบซึ่งจะหลั่ง Inflamematory mediators ที่สำคัญออกมา ไดแก nitric oxide (NO), prostaglandins และ cytokine (Hseu et al., 2005) ทั้งนี้ nitric oxide (NO) เปนอนุมูลอิสระที่ผลิตจากกระบวนการ L-arginine ไดเปน L-citrulline โดยเอนไซม inducible NOS (iNOS) ระหวางการอักเสบจากการกระตุนของสิ่งแปลกปลอมที่เขาสูรางกาย เชน แบคทีเรีย รา และไวรัส (Sautebin, 2000) อนุมูลอิสระ (free radicals) เปนอะตอมที่มีโมเลกุลอิเล็กตรอนเดี่ยว สามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ ภายในเซลล ได้ ดังนั้นจึงสงผลทำให้เกิดการทำลายเซลลและเนื้อเยื่อโดยทำลายสารพันธุกรรม และโปรตีน จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคตางๆ ได้ เชน โรคมะเร็ง (Valko et al., 2007) รวมถึงโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน และภาวะหลอดเลือดแข็ง (atherosclerosis) เป็นต้น (Kruk et al., 2019) ดังนั้นจึงมีการศึกษาสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและการต้านการอักเสบ โดยเน้นศึกษาหาสารที่ได้จากธรรมชาติเนื่องจากมีความปลอดภัย และมีผลขางเคียงนอยกวายาหรือสารเคมีในแผนปจจุบัน เช่น ยากลุม NSAIDs ที่มีผลขางเคียงทำใหเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตาย โรคหลอดเลือดสมอง ภาวะเลือดออก ปวดศีรษะ วิงเวียน ความดันโลหิตเพิ่มและเป็นพิษต่อตับและไต (Farah et al., 2023) ประกอบกับในประเทศไทยมีการใชสมุนไพรในการรักษาโรคมาตั้งแต่อดีต จากการศึกษาและ

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง มีรายงานหลายฉบับที่คนพบสารพฤกษเคมีจำนวนมาก ในสมุนไพร เช่น กลุ่มสารประกอบฟนอลิก (phenolic compounds) และฟลาโวนอยด (flavonoids) (Tang and Halliwell, 2010) ซึ่งเป็นสารกลุ่มที่มีฤทธิ์ในการตานอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ตานการอักเสบ (Zhang et al., 2014) และตานเซลล์มะเร็ง (Tungmunnithum et al., 2018) เปนตน นอกจากนี้พบรายงานการค้นพบสารในสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการตานการอักเสบ เช่น ขมิ้นชัน มีสาร curcumin ที่สามารถการลดการอักเสบในเซลลเม็ดเลือดขาวโดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม iNOS และ COX-2 (Cheung, Khor and Kong, 2009) รวมถึงพิกัดยาตรีผลา ทั้งนี้ยาตรีผลาประกอบด้วยสมุนไพรสามชนิด ได้แก่ สมอไทย (Terminalia chebula), สมอภิเพก (Terminalia bellirica) และมะขามป้อม (Phyllanthus emblica) (Kalaiselvan and Rasool, 2016)โดยมีสรรพคุณทางเภสัชกรรมไทยในการรักษาสมดุลธาตุ เป็นยาอายุวัฒนะ ช่วยขับล้างพิษในระบบเลือด (Srikumar et al., 2007) ต้านแบคทีเรียและลดการอักเสบ (Penmetsa, Bhupathi and Rani, 2019) ดังนั้นจึงมีการใช้แพร่หลายในการเสริมสร้างสุขภาพและการป้องกันโรคต่างๆ และจากรายงานการศึกษาที่ผานมา พบวา สมอไทย และสมอพิเภก มีฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระ (Sivalokanathan, Llayaraja and Balasubramanian, 2006) (Saha and Verma, 2016) มีฤทธิ์ตานการอักเสบ (Zhong et al., 2014) (Gupta et al., 2021) รวมถึงต้านเชื้อแบคทีเรีย (Asae et al., 2019) ด้วยเช่นกัน รวมถึงพบสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ซึ่งเปนองคประกอบสำคัญ (Wei et al., 2021) และพบสารสำคัญเพิ่มเติมที่มีฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระและตานการอักเสบ เช่น gallic acid, chebulagic acid และ chebulinic acid เปนตน (Suksaeree and Monton, 2021) เนื่องจากสมุนไพรที่อยู่ในพิกัดตรีผลา มีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการอักเสบ ทั้งนี้จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังขาดประเด็นการศึกษาสมุนไพรตำรับตรีผลาด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาในประเด็นดังกล่าวเนื่องจากเอทานอล 50% มีคุณสมบัติ ขั้วปานกลาง (moderate polarity) ทำให้สามารถละลายได้ทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้วได้ดีในระดับหนึ่ง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารสำคัญ ฤทธิ์การตานอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การต้านการอักเสบของของสารสกัดตรีผลาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเปนขอมูลสนับสนุนและส่งเสริมการใชประโยชนของยาตำรับตรีผลา เปิดโอกาสให้เกิดการใช้ยาเพื่อลดภาระจากการรักษาด้วยยาแผนปัจจุบัน และการพัฒนายาต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปริมาณสารสำคัญในสารสกัดตรีผลาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์การตานอนุมูลอิสระในสารสกัดตรีผลาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านการอักเสบในสารสกัดตรีผลาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ตัวอย่างพืชสมุนไพรประกอลด้วยเนื้อผลสมอไทย *(Terminalia chebula Retz.)* เนื้อผลสมอพิเภก *(Terminalia bellirica (Gaertn.) Roxb.)* และเนื้อผลมะขามป้อม *(Phyllanthus emblica L.)* โดยเป็นสมุนไพรแบบแห้งนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 และชั่งน้ำหนักผงสมุนไพรแต่ละชนิดในปริมาณที่เท่ากัน แล้วปรุงให้ได้ผงยาตำรับตรีผลา จากธนิศิริสหคลินิกไทย-จีน กรุงเทพมหานคร สถานที่ศึกษาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร โดยห้องเครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง A405 มีรายละเอียดและขั้นตอน ดังนี้

1. การสกัดตัวอย่าง

การสกัดตรีผลาด้วยสารสกัดเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถผสมเข้ากับน้ำได้อย่างสมบูรณ์ (completely soluble) และผสมกับตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี มีความเป็นขั้วปานกลาง (moderate polarity) เนื่องจากมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและเอทานอล ทำให้สามารถละลายได้ทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้วได้ดีในระดับหนึ่ง ทั้งนี้ได้สมุนไพรตำรับตรีผลาที่ผ่านการบดหยาบแล้ว จำนวน 1.5 กิโลกรัม มาสกัดด้วยวิธีการหมัก (maceration) กับเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 3 ลิตร ในอัตราส่วน 1:2 ระยะเวลา 3 วัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วนำไประเหยแห้งเพื่อให้ตัวทำละลายออก โดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) (R-210, Buchi U.S.A.) ที่ความดัน 100 มิลลิบาร์ ความเร็ว 84 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักสารสกัด และคำนวณหาร้อยละผลผลิตของปริมาณสารสกัดที่ได้ (% yield)

2. การหาสารสำคัญในสารสกัดตรีผลาด้วยวิธี High-performance liquid chromatography (HPLC)

เพื่อทดสอบหาปริมาณสาร gallic acid, chebulagic acid และ ellagic acid โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 เตรียม mobile phase ได้แก่ acetonitrile (Solvent A) and 0.2% acetic acid in water (solvent B) with the flow rate of 1 ml/min เวลา 45 นาที ในอัตราส่วน 50:50 และกรองผ่านตัวกรอง 0.2 ไมโครเมตร โดยใช้ปั๊มสุญญากาศและ sonicated เป็นเวลา 30 นาที

2.2 เตรียมสาร gallic acid, chebulagic acid และ ellagic acid ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ละลายด้วย mobile phase และเตรียมเป็นความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 2, 4, 8, 16 และ 32 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อทำเป็นกราฟมาตรฐาน

2.3 เตรียมสารสกัดตรีผลาที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.4 ใช้ระบบ Agilent, Pump LC-P-100, Detector LC-UV -100 UV/VIS Detector, Column Nucleosil® C185 µm particle size, L × I.D. = 25 cm. × 3.2 mm, Column temperature Ambient, Wavelength of detection 270, Flow rate 1 mL/min, Sample volume 20 µL, Run time 40 นาที, Retention time 3.1 นาที (Zhu et al., 2024)

3. การทดสอบหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์

เพื่อทดสอบหาปริมาณรวมของสารฟลาโวนอยด์ (Total flavonoid content โดยใช้สาร Quercetin เป็นสารมาตรฐานมีขั้นตอนดังนี้ เตรียมสารสกัดตรีผลาที่ความเข้มข้น 1 mg/mL ปริมาตร 5 ไมโครลิตร เติมลง 96-Well plate จากนั้นเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 130 ไมโครลิตร และ 5% Sodium nitrite (NaNoy) ปริมาตร 7.5 ไมโครลิตร บ่มไว้ในที่มืด 5 นาที ครบเวลาเติม Aluminum chloride ($AlCl_3$) ปริมาตร 7.5 ไมโครลิตร และบ่มไว้ในที่มืด 5 นาที ครบเวลา เติม 1 M Sodium hydroxide (NaOH) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมลง ใน96-Well plate โดยแต่ละหลุมจะมีปริมาณของสารรวมทั้งหมด 200 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader โดยรายงานค่าในหน่วย มิลลิกรัมเคอซิตินต่อกรัมสารสกัด (mg QE/ g extract) (Shackelford and Shaw, 2019)

4.การทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

เพื่อทดสอบหาปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิก โดยใช้เทคนิค Folin-Ciocalteu method ดัดแปลงวิธีของ (Miliauskas, Venskutonis and Beek, 2004) เทียบกับสารมาตรฐานคือ Gallic acid โดยนำสารสกัดตรีผลาที่สกัดจากเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีขั้นตอนดังนี้ เตรียมสารมาตรฐาน คือ gallic acid ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เตรียมสาร Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 75% w/v Sodium carbonate ($NaCO_2$) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ลงใน 96-Well Microplates โดยแต่ละหลุมจะมีปริมาตรของสารรวมทั้งหมด 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัด

ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader ทดสอบ 3 ซ้ำ นำมาคำนวณปริมาณ Total Phenolic component (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) จากกราฟมาตรฐานของ Gallic acid และรายงานผลเป็นหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกับกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัดแห้ง (mg of gallic acid equivalent per g of dry extract, mg GAE/g dry extract)

5. ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

เพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ด้วยวิธีต่างๆ ทั้งนี้ได้เลือกวิธีการทดสอบดังกล่าวเนื่องจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการใช้วิธี ABTS, DPPH และ FRAP ร่วมกันทำให้ประเมินประสิทธิภาพได้ครอบคลุมและน่าเชื่อถือมากกว่าการใช้วิธีเดียว โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Calibration curve (R^2)) ดังนี้

5.1 วิธี 2,2–Azino–bis–3–thylbenzothiazoline–6–sulfonic Acid (ABTS) โดยเตรียมสารละลาย ABTS จำนวน 3.6 มิลลิกรัม ผสมกับ potassium persulfate 0.67 มิลลิกรัม ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย และบ่มในที่มืดเป็นระยะเวลา 12–16 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดสอบกับสารสกัดตรีผลาที่สกัดจากเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 และ 32 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเติมสารสกัดปริมาตร 50 ไมโครลิตร ตามด้วยสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตั้งไว้ในที่มืด 15 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ และนำไปคำนวณค่าความเข้มข้น ของสารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยั้งสารอนุมูลอิสระที่ร้อยละ และรายงานเป็นค่า IC_{50} (สูตรคำนวณ %Radical Scavenging =[1–(AA–AB)/AC] x100 เมื่อ AA = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดกับ ABTS, AB=ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอล และ AC=ค่าการดูดกลืนแสงของ ABTS กับเอทานอล)

5.2 วิธี 2,2– diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) โดยเตรียมสารสกัดที่ตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ นำมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยใช้สารสกัดดังกล่าวลงใน 96 well plate ปริมาตร 20 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย 0.1 มิลลิโมลาร์ DPPH ปริมาตร 280 ไมโครลิตร วางไว้ในที่มืด 30 จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง microplate reader (Infinite 200 PRO, TECAN, U.S.A.) แล้วคำนวณหาค่า %DPPH radical scavenging activity เพื่อทดสอบหาค่า IC_{50} และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (mg/ml) โดยใช้วิตามินซี (Sigma Aldrich, USA) เป็นสารมาตรฐาน (สูตรคำนวณ %Radical Scavenging=[1– (AA–AB)/AC] x100 โดยเมื่อ AA=ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดกับ DPPH, AB= ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอล และ AC=ค่าการดูดกลืนแสงของDPPH กับเอทานอล)

5.3 วิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay โดยเตรียมสารละลาย FRAP reagent ที่ผสมสาร Acetate buffer pH 3.6 (300 มิลลิโมลาร์) สาร $FeCl_3$ (20 มิลลิโมลาร์) และสาร TPTZ ในสารละลาย HCl (40 มิลลิโมลาร์) ในอัตราส่วน 10:1:1 โดยเตรียมสารสกัดตรีผลาที่ตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ละลายใน 95 เปอร์เซ็นต์ เอทานอล จากนั้นเติมสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และสารละลาย FRAP reagent 80 ไมโครลิตร ลงใน 96–well plate วางไว้ในที่มืด 4 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร นำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟของสารมาตรฐาน ferrous sulfate และคำนวณให้อยู่ในหน่วยของ mg $FeSO_4$ equivalent/g Extracts (Prathumtet, 2021) (Dareeng Jaiseri et al., 2021)

6. ทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO)

เพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบดังนี้ นำเซลล์มาโครฟาจ (RAW 264.7 cell line) จำนวน 1 x 10^5 จำนวนเซลล์ต่อ 1 หลุม เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM (10% fetal bovine serum (FBS), 1% penicillin–streptomycin) ใน

96 well plates บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 5% CO_2 incubator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (เซลล์ RAW 264.7 (ATCC No. TIB-71) นำมาจาก American Type Culture Collection (ATCC, Manassas, VA, USA) เพาะเลี้ยงเซลล์ในอาหารเลี้ยงเซลล์ in Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM) ประกอบด้วย L-glutamine, sodium pyruvate, 10% fetal bovine serum (FBS) (Thermofisher), and 1% antibiotic/antimycotic mixture (Sigma-Aldrich) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 5% CO_2 incubator) ดูดอาหารเลี้ยงเชื้อออก 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (15.6, 31.25, 62.5, 125, 250 และ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ลงไปหลุมละ 100 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ออก จากนั้นเติม DMEM ที่มี lipopolysaccharide (LPS) 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ลงไปหลุมละ 100 ไมโครลิตร ยกเว้นหลุม control โดยหลุม control เติมเพาะ DMEM เท่านั้น บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงดูด supernatant จำนวน 100 ไมโครลิตรต่อหลุม ใส่ใน 96-well plates เติม Griess reagent หลุมละ 100 ไมโครลิตร วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร รายงานค่าปริมาณ NO โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน sodium nitrite และทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย จำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ย

ผลการศึกษา

1. **ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสาระสำคัญ ในสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์**

การวิเคราะห์หาสารสำคัญของสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี High-performance liquid chromatography (HPLC) พบว่าสารประกอบฟีนอลิก หลัก 3 ชนิด ได้แก่ gallic acid, chebulagic acid และ ellagic acid โดยมีเวลารีเทนชัน (Retention time) เท่ากับ 5.66, 11.75 และ 12.82 นาที ตามลำดับ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณพบว่า gallic acid มีปริมาณสูงสุด 41.35 ± 0.39 รองลงมาพบ chebulagic acid จำนวน 45.19 ± 5.10 มิลลิกรัมต่อกรัม และพบ ellagic acid 11.06 ± 1.11 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ดังแสดงตาราง 1

ตารางที่ 1 ผลการหาสาระสำคัญ ในสารสกัดตรีผลา

Compound	Content (mg/g)	Retention time (min)
Gallic acid	41.35 ± 0.39	5.66
Chebulagic acid	45.19 ± 5.10	11.75
Ellagic acid	11.06± 1.11	12.82

2. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิก ในสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์หารปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ พบว่าสารประกอบฟลาโวนอยด์ มีปริมาณเท่ากับ 154.20 ± 8.31 มิลลิกรัมเคอร์เซทินอิควิวาเลนต์ต่อกรัม และการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก มีปริมาณเท่ากับ 268.53 ± 6.06 มิลลิกรัมกาลิกแอซิดอิควิวาเลนต์ต่อกรัม ดังแสดงตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิก ในสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

Parameter	50% Ethanol
Total Flavonoids (mg QE/g)	154.20 ± 8.31
Total Phenolics (mg GAE/g)	268.53 ± 6.06

3. ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ในสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 วิธีคือ ABTS, DPPH และ FRAP ผลการทดสอบพบดังนี้ การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่าผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตรีผลาด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 25.78 ± 0.54 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน(Trolox 26.45±0.10) การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตรีผลาจากสารสกัดตรีผลาด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 19.64 ± 0.28 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน(Trolox 24.41±0.39) การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตรีผลาจากสารสกัดตรีผลาด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยมีค่าเท่ากับ 351.12 ± 6.24 มิลลิโมลเฟอร์รัสซัลเฟตต่อกรัมของสารสกัดดัง แสดงตาราง 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ในสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

Solvent used for extraction	ABTS (IC50, µg/mL ± SEM)	DPPH (IC50, µg/mL ± SEM)	FRAP (mmol FeSO4/g extract ± SEM)
50% Ethanol	25.78 ± 0.54	19.64 ± 0.28	351.12 ± 6.24

3.4 ทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) ในสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) ในสารสกัดตรีผลา พบว่าสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทนอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) เท่ากับ 106.87 ± 1.08 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับสารควบคุม ดังแสดงตาราง 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยวัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) ในสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

Extract type	NO production (µg/mL, Mean ± SD)	Statistical note
50% Ethanol extract	106.87 ± 1.08	Moderate inhibition

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการศึกษาศึกษาปริมาณสารสำคัญ ฤทธิ์การตานอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การต้านการอักเสบของของสารสกัดตรีผลา โดยใช้ตัวอย่างพืชสมุนไพรประกอบด้วยเนื้อผลสมอไทย *(Terminalia chebula Retz.)* เนื้อผลสมอพิเภก *(Terminalia bellirica (Gaertn.) Roxb.)* และเนื้อผลมะขามป้อม *(Phyllanthus emblica L.)* ปรุงให้ได้ผงยาตำรับตรีผลา โดยยาตรีผลา (Triphala) มีสรรพคุณทางเภสัชกรรมไทยในการรักษาสมดุลธาตุ เป็นยาอายุวัฒนะ มีฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระ (Sivalokanathan, Llayaraja and Balasubramanian, 2006) (Saha and Verma, 2016) มีฤทธิ์ตานการอักเสบ (Zhong et al., 2014) (Gupta et al., 2021) รวมถึงตานเชื้อแบคทีเรีย (Asae et al., 2019) เปนตน จึงมีการใช้แพร่หลายในการเสริมสร้างสุขภาพและการป้องกันโรคต่าง ๆ ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำสมุนไพรพิกัดตรีผลามาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ โดยร้อยละผลผลิตของน้ำหนักแห้งของสมุนไพร (% Yield) จากการสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยน้ำและวิธีการหมักกับตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ของสมุนไพรพิกัดตรีผลาพบว่าสมุนไพรที่มีร้อยละผลผลิตของน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 11.0 (%w/w) ผู้วิจัยได้แยกสรุปผลและอธิปรายผลตามวัตถุประสงค์ที่ศึกษา ดังนี้

ปริมาณสาระสำคัญในสารสกัดตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าผลการวิเคราะห์หาสารสำคัญของสารสกัดตรีผลาด้วยวิธี HPLC พบสารประกอบฟีนอลิก หลัก 3 ชนิด โดยพบสาร gallic acid จำนวน 41.35 ± 0.39 มิลลิกรัมต่อกรัม มากที่สุด รองลงมาพบสาร chebulagic acid จำนวน 45.19 ± 5.10 มิลลิกรัมต่อกรัม และพบสาร ellagic acid จำนวน 11.06 ± 1.11 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ (Suksaeree and Monton, 2021) โดยพบสารสกัดจากตรีผลา มีปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ gallic acid, chebulagic acid และ chebulinic acid เปนตน ทั้งนี้การศึกษาของ (Thongphasuk, 20223) โดยศึกษารังสีแกมมาต่อการปนเปื้อนทางจุลชีพองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตรีผลาในรูปแบบชาชง ผลการศึกษาพบสาร gallic acid และสาร chebulagic acid ที่เป็นองค์ประกอบในชาชงตรีผลา และการศึกษาของ (Dareena jaiseri, 2021) โดยศึกษาสารประกอบในสารสกัดตรีสมอ พบสาร gallic acid และสาร ellagic acid ในสารสกัดจากตำรับยาตรีสมอ นอกจากนี้การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดตรีผลา พบสารประกอบฟลาโวนอยด์ ในปริมาณเท่ากับ 154.20 ± 8.31 มิลลิกรัมเคอร์เซทินอิควิวาเลนต์ต่อกรัม และการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกพบในปริมาณเท่ากับ 268.53 ± 6.06 มิลลิกรัมกาลิกแอซิดอิควิวาเลนต์ต่อกรัม ซึ่งสารปรกอบฟลาโวนอยด์ เป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านมะเร็ง (Tang and Halliwell, 2010) (Zhu, 2010) (Tungmunnithum et al., 2018) สอดคล้องกับการศึกษาของ (Wei et al., 2021) พบวาในสมอไทย และสมอพิเภกมีสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกนองคประกอบสำคัญที่มีฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระและตานการอักเสบ การศึกษาของ (Prathumtet Jatuporn et al., 2021) ที่พบว่าสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดสารสกัดสมอพิเภก พิกัดตรีผลา และสมอไทยที่ความเข้มข้นต่ำสุด (0.20 – 0.20 ไมโครกรัมต่อลิตร) ที่สามารถยับยั้งเชื้อที่ก่อให้เกิดการอักเสบของสิวได้ นอกจากนี้การศึกษาของ (Hegde et al., 2024) ศึกษาประสิทธิภาพของยาตำรับตรีผลาในการส่งเสริมการย่อยอาหาร การล้างพิษ และสุขภาพโดยรวม พบว่ายาตำรับตรีผลามีสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกที่มีประโยชน์ต่อต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ในสารสกัดตรีผลา โดยพบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในปริมาณสารที่ตรวจวัดได้ ที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้จากการทดสอบโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 วิธีคือ ABTS, DPPH และ FRAP โดยวิธี ABTS พบว่าผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด ตรีผลาจากสารสกัดตรีผลาด้วย เอทานอล

50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 25.78 ± 0.54 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรดีกว่าเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน สอดคล้องกับการศึกษาของ (Phuwajaroanpong et al., 2017)พบว่าตรีผลาที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ดีโดยทดสอบด้วยวิธี ABTS โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 5.7 ± 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร และการศึกษาของ (Phuwajaroanpong et al., 2022)พบว่าสารสกัดของตรีผลาที่ทดสอบในหนูทดลองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีและปลอดภัยเมื่อรับประทานในขนาด 2 กรัม/กิโลกรัม นอกจากนี้การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตรีผลาจากสารสกัดตรีผลาด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 19.64 ± 0.28 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรดีกว่าเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน สอดคล้องกับการศึกษาของ (Chaniad et al., 2022) ศึกษาประสิทธิภาพของยาตรีผลา พบว่าตัวอย่างสกัดจากยาเมื่อทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ค่า EC_{50} เท่ากับ 22.74 ± 0.95 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญ และการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตรีผลาจากสารสกัดตรีผลาด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 351.12 ± 6.24 มิลลิโมลเฟอร์รัสซัลเฟตต่อกรัมของสารสกัด สอดคล้องกับการศึกษาของ (Phongpradist et al., 2025) ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP โดยผลการศึกษาพบว่าสารสกัดตรีผลามีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์ต้านการอักเสบในสารสกัดตรีผลา โดยพบฤทธิ์การต้านการอักเสบในปริมาณสารที่ตรวจวัดได้จากการทดสอบโดยใช้เทคนิค วัดการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) ในสารสกัดตรีผลา ที่สกัดด้วยเอทนอล 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยการยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) มีค่าเท่ากับ 106.87 ± 1.08 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรโดยให้ฤทธิ์ในการต้านการอักเสบในระดับในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับสารควบคุม ซึ่งสามารถยับยั้งการอักเสบได้โดยยับยั้ง NF-kB และลดการแสดงออกของ iNOS ที่สามารถยับยั้งการอับเสบได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ (BenSaad et al., 2017) พบว่าสารสกัดจากสมุนไพรในยาตรีผลาที่มีองค์ประกอบของสารกลุ่มฟีนอลิกสามารถยับยั้งการสร้าง nitric oxide (NO) ในเซลล์ RAW 264.7 macrophages ที่ถูกกระตุ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้การหลั่งไซโตไคน์การอักเสบ ได้แก่ TNF-α, IL-1β และ IL-6 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การศึกษาของ (Chaniad et al., 2022) พบว่าประสิทธิภาพของยาตรีผลา มีฤทธิ์ในการยับยั้ง nitric oxide (NO) จากเซลล์ RAW 264.7 โดยให้ฤทธิ์ต้านการอักเสบในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับสารมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นภาครัฐและผู้ที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมการใช้ตรีผลา ซึ่งจะช่วยดูแลสุขภาพของประชาชนตามแนวทางการแพทย์เชิงป้องกัน และเป็นการสนับสนุนเศรษฐกิจท้องถิ่น คุณค่าทางวัฒนธรรมของไทย ทั้งนี้สำหรับการศึกษาในลำดับต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบการสกัดสารด้วยตัวทำละลายที่ต่างชนิดกัน และศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรีย หรือศึกษาทดลองในสัตว์เพิ่มเติมเพื่อทดสอบฤทธิ์การต้านการอักเสบ และความเป็นพิษต่อเซลล์จากสารสกัดตรีผลาหรือผลิตภัณฑ์จากจรีผลา

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะผู้ร่วมวิจัย และคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร ที่สนับสนุนสถานที่และห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

Asae, A., Meemak, P., Poonthananiwatkul, B., Hemtrakoonwong, R. and Sama-ae, S. (2019). Antibacterial Activity of Ethanolic Extract of Trisamo Against Diarrheal Pathogen. Princess of Naradhiwas University Journal, 11(3), 241-248.

BenSaad, L.A., Kah, H.K., Chin, C.Q., Wee R.K. and Mustafa S., (2017). Anti-inflammatory potential of ellagic acid, gallic acid and punicalagin A&B isolated from Punica granatum. BMC Complementary and Alternative Medicine, 17(47), 1-10.

Chaniad, P., Supaluck, N., Arunporn, I., Weerachai, P. and Sumalee, P. (2022). Anti-inflammatory activity and major compounds of the traditional Thai medicines, Triphala, Trikatuk, and their combined formulae. Science & Technology Asia, 27(3), 33-45.

Cheung, K. L., Khor, T. O. and Kong, A. N. (2009). Synergistic effect of combination of phenethyl isothiocyanate and sulforaphane or curcumin and sulforaphane in the inhibition of inflammation. Pharmaceutical Research, 26(1), 224-231.

Dareena Jaiseri, Phahannipha Chekdaengphanao, Ratchadawan Aukkanimart, Jatuporn Prathumtet and Pranee Sriraj. (2021). Effects of Pikat Trisamo Extract on Antioxidant and Anti-inflammatory Activities. KKU Science Journal, 49(3), 265-273.

Farah, R. I., Khatib, A. E., Abu Ziyad, H. J., Jiad, D. K., Al Qusous, L. R., Ababneh, A. J., et al. (2023). Pattern of use and awareness of side-effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs in the Jordanian population. Annals of Medicine, 55(2), 2242248.

Gupta, A., Kumar, R., Ganguly, R., Singh, A. K., Rana, H. K. and Pandey, A. K. (2021). Antioxidant, anti-inflammatory and hepatoprotective activities of Terminalia bellirica and its bioactive component ellagic acid against diclofenac induced oxidative stress and hepatotoxicity. Toxicology reports, 8(1), 44-52.

Hegde, S.N., Lavanya Devi K., Mahima Choudhary, Nandita Menon and Gurmeet Singh. (2024). A comprehensive metabolome profiling of Terminalia chebula, Terminalia bellerica, and Phyllanthus emblica to explore the medicinal potential of Triphala. Sci Rep, 14(1), 31-35.

Hseu, Y. C., Wu, F. Y., Wu, J. J., Chen, J. Y., Chang, W. H., Lu, F. J., et al. (2005). Anti-inflammatory potential of Antrodia camphorata through inhibition of iNOS, COX2 and cytokines via the NF-κB pathway. International Immunopharmacology, 5(13-14), 1914-1925.

Kalaiselvan, S. and Rasool, M. K. (2016). Triphala herbal extract suppresses inflammatory responses in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages and adjuvant-induced arthritic rats via inhibition of NF-κB pathway. Journal of Immunotoxicology, 13(4), 509-525.

Kruk, J., Aboul-Enein, H. Y., Kładna, A. and Bowser, J. E. (2019). Oxidative stress in biological systems and its relation with pathophysiological functions: the effect of physical activity on cellular redox homeostasis. Free Radical Research, 53(5), 497-521.

Miliauskas, G., P.R. Venskutonis, and T.A. van Beek. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry, 85(2), 231-237.

Penmetsa, G. S., Bhupathi, A. P. and Rani P,. (2019). Comparative Evaluation of Triphala, Aloe vera, and Chlorhexidine Mouthwash on Gingivitis: A Randomized Controlled Clinical Trial. Contemporary Clinical Dentistry, 10(2), 333–337.

Phongpradist, R., Chuda, C., Sudarshan, S., Julalak, C.O., Sarin, T., Puriputt A., et al. (2025). Investigation of a Thermoresponsive In Situ Hydrogel Loaded with Nanotriphala: Implications for Antioxidant, Anti–Inflammatory, and Antimicrobial Therapy in Nasal Disorders. Gels, 11(2), 106.

Phuwajaroanpong Arisara, Prapaporn Chaniad, Sathianpong Phoopha, Walaiporn Plirat, Abdi Wira Septama, Arnon Chukaew., et al. (2017). Anti–inflammatory Activity and Major Compounds of the Traditional Thai Medicines, Triphala, Trikatuk, and their Combined Formulae. Molecules, 22(3), 393–440.

Phuwajaroanpong Arisara, Prapaporn Chaniad, Sathianpong Phoopha, Walaiporn Plirat, Abdi Wira Septama, Arnon Chukaew., et al. (2022). Antiplasmodial Properties of Aqueous and Ethanolic Extracts of Ten Herbal Traditional Recipes Used in Thailand against Plasmodium falciparum. Tropical Medicine and Infectious Disease, 7(12, 417–430.

Prathumtet Jatuporn, Pranee Sriraj, Ratchadawan Aukkanimart, Ronnachai Poowanna , Thanthika Kaewsoongnern, Kamolwan Jongjitt., et al., (2021). Comparison of antioxidant and anti–acne causing bacteria (P. acnes) activities of methanolic extracts from Triphala herbals. Journal of Traditional Thai Medical Research, 7(1), 1–14.

Prathumtet. (2021). Comparison of antioxidant and anti–acne causing bacteria (P. acnes) activities of methanolic extracts from Triphala herbals. Journal of Traditional Thai Medical Research, 7(1), 1–14.

Saha, S. and Verma, R. J. (2016). Antioxidant activity of polyphenolic extract of Terminalia chebula Retzius fruits. Journal of Taibah University for Science, 10(6), 805–812.

Sautebin, L. (2000). Prostaglandins and nitric oxide as molecular targets for anti–inflammatory therapy. Fitoterapia, 71(1), 48–57.

Shackelford, D.B. and R.J. Shaw. (2009). The LKB1–AMPK pathway: metabolism and growth control in tumour suppression. Nat Rev Cancer, 9(8), 563–75.

Singh, N., Baby, D., Rajguru, J. P., Patil, P. B., Thakkannavar, S. S., Pujari, V. B., et al. (2019). Inflammation and cancer. Ann Afr Med, 85(2), 121–126.

Sivalokanathan, S., Ilayaraja, M. and Balasubramanian, M. P. (2006). Antioxidant activity of Terminalia arjuna bark extract on N–nitrosodiethylamine induced hepatocellular carcinoma in rats. Molecular and cellular biochemistry, 281(1), 87–93.

Srikumar, R., Parthasarathy, N. J., Shankar, E. M., Manikandan, S., Vijayakumar, R. and Thangaraj, R. (2007). Antimicrobial and antioxidant activity of Triphala: An Ayurvedic formulation. Phytotherapy Research, 21(5), 462–466.

Suksaeree, J. and Monton, C. (2021). Evaluation of the interaction of phenolic compounds contained in the Trisamo recipe using simplex lattice design. Journal of Current Science and Technology, 11(1), 100–113.

Tang, S. Y. and Halliwell, B. (2010). Medicinal plants and antioxidants: what do we learn from cell culture and Caenorhabditis elegans studies. Biochemical and Biophysical Research Communications, 394(1), 1–5.

Thongphasuk, P. (2023). γ–Irradiation effect on microbial contamination, chemical constituents and antioxidant property of triphala herbal tea. Rangsit University: Pathum Thani, Thailand.

Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A. and Yangsabai, A. (2018). Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview. Medicines, 5(3), 93–108.

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., Telser, J., et al. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 39(1), 44–84.

Wei, J., Wang, Y., Zhang, J., Zhou, Y., Liu, S., Xu, T., et al. (2021). Hepatoprotective Effects of Different Extracts From Triphala Against CCl4–Induced Acute Liver Injury in Mice. Frontiers in Pharmacology, 12, 67–81.

Zhong, X., Shi, Y., Chen, J., Xu, J., Wang, L., Beier, R. C., et al. (2014). Polyphenol extracts from Punica granatum and Terminalia chebula are anti–inflammatory and increase the survival rate of chickens challenged with Escherichia coli. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 37(10), 1575–1582.

Zhu, H., Wang, Y., Liu, Y., Xia, Y. and Tang, T. (2010). Analysis of flavonoids in Portulaca oleracea L. by UV–vis spectrophotometry with comparative study on different extraction technologies. Food Analytical Methods, 3(2), 90–97.

Zhu, Z. (2024). Preliminary investigation of the in vitro anti–Helicobacter pylori activity of Triphala. Frontiers in Pharmacology. 148–193.

Chemotherapy outcomes in cholangiocarcinoma: Exploration from the Isan cohort database

Arnut Klangprapun[1,3], Vasin Thanasukarn[2,3], Nisana Namwat[1,3], Poramate Klanrit[1,3], Attapol Titapun[1,2,3], Watcharin Loilome[1,3], Arporn Wangwiwatsin[1,3,*]

Abstract

Cholangiocarcinoma (CCA), often associated with Southeast Asian liver fluke infection, is a major public health challenge in northeastern Thailand. Tracking and recording epidemiological data of at-risk populations is essential for effective disease management and data-driven public health policy. The Cholangiocarcinoma Screening and Care Program (CASCAP) was established in 2013 to address this challenge, creating the Isan cohort database. Using data from the Isan cohort database, this study investigated the real-world outcomes of chemotherapy regimens in post-surgical CCA patients at our Khon Kaen University hospital to identify trends in treatment disparities.

We analyzed Isan cohort data of CCA patients undergoing surgical resection between 2013–2024. Chemotherapy records were standardized, and survival between regimens was compared using Kaplan–Meier and Cox regression analyses. Although unadjusted analysis showed better survival with capecitabine than with cisplatin+fluorouracil ($p < 0.001$), this benefit was not significant after adjustment for confounders. Positive surgical margin was by-far the strongest independent predictor of mortality (adjusted HR = 2.04, $p < 0.05$). Notably, survival varied widely among patients on the same regimens, and this was not explicable by available parameters, underscoring the need for further studies to identify predictors of individual response.

Our findings highlight marked heterogeneity in survival among patients receiving the same chemotherapy regimens. However, achieving a negative surgical margin remains the primary determinant of survival outcome based on existing data. This emphasizes the need for future study to incorporate even more comprehensive clinical data, including molecular profiling, to stratify patients by margin status in any clinical trials, to account for heterogeneity, and ultimately improved survival outcome.

Keywords: Cholangiocarcinoma, Chemotherapy, Liver fluke, *Opisthorchis viverrini*

[1] Department of Systems Biosciences and Computational Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Muang Khon Kaen District, Khon Kaen, Thailand, 40002

[2] Department of Surgery, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Muang Khon Kaen District, Khon Kaen, Thailand, 40002

[3] Cholangiocarcinoma Research Institute, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Muang Khon Kaen District, Khon Kaen, Thailand, 40002

*Corresponding author : arpowa@kku.ac.th

Introduction

Thailand exhibits the world's highest incidence rates of cholangiocarcinoma (CCA), a phenomenon strongly linked with the infection by the liver fluke *Opisthorchis viverrini* (Ov). The parasite resides in human host during its adult stage and causes chronic inflammation of the bile ducts, which over time can drive malignant transformation (1). Among gastrointestinal tumors, CCA is the second most frequent primary liver cancer, after hepatocellular carcinoma (HCC) (2). Being asymptomatic in the early stages, approximately 75% of CCA walk-in patients are diagnosed with metastatic or locally advanced disease (3) when the treatments available have limited effectiveness, resulting in poor prognosis (2).

To facilitate earlier detection and coordinate care of CCA in the Ov-endemic area, the Cholangiocarcinoma Screening and Care Program (CASCAP) was established in 2013. The program integrates population data of at-risk areas, Ov screening and CCA epidemiology, following through to patients' treatment regime and survival outcome, accumulating into a database known as the Isan Cohort. Since the implementation of CASCAP active screening in at-risk communities, a higher proportion of CCA have been detected at an early stage, making the disease amenable to efficacious curative therapy and with significantly improved survival compared with the pre-implementation era (4). Nevertheless, a substantial share of patients continues to require systemic chemotherapy due to an advanced stage at presentation or to prevent recurrence after definitive surgical treatment.

Systemic chemotherapy remains the cornerstone of management for advanced CCA. The combination of gemcitabine plus cisplatin has outperformed gemcitabine monotherapy in overall survival, establishing itself as the worldwide standard first-line regimen (5). Options after progression historically have been limited, with modest benefits observed for fluoropyrimidine-based regimens (e.g., FOLFOX) in the second-line setting (6). More recently, adding an immune checkpoint inhibitor to gemcitabine–cisplatin has shown incremental survival gains in clinical trials (7,8), and molecularly targeted agents are available for selected subgroups (e.g., *IDH1* mutations, *FGFR2* fusions) (9). However, real-world uptake of these newer therapies varies, and access to comprehensive molecular testing and novel agents is uneven across resource settings, including parts of Thailand. Understanding individual factors affecting survival could guide therapy and advance precision medicine, even with standard chemotherapy.

We leveraged the Isan Cohort database to characterize real-world chemotherapy patterns and overall survival among patients with CCA treated at Srinagarind Hospital, Faculty of Medicine, Khon Kaen University. This study aims to identify and assess disparities in chemotherapy utilization, generate locally relevant effectiveness benchmarks, and inform resource-appropriate treatment strategies as well as inform policy and guideline updates to improve care for patients with CCA in the region.

Objective

This study aims to analyze real-world treatment outcomes data from post-surgical CCA patients at Srinagarind Hospital to quantify variations in chemotherapy regimen utilization.

Methodology

1. Patient and data collection

We conducted a retrospective cohort study using the CASCAP Isan Cohort Database to identify anonymized records of patients with CCA who underwent surgical treatment and systemic chemotherapy at Srinagarind Hospital, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, between 2013 and 2024. Records with a documented CCA diagnosis—pathologically confirmed when available or based on clinico–radiologic assessment—and received at least one systemic chemotherapy dose at our center during the study period were included in this study. We excluded records that did not receive systemic chemotherapy or lacked chemotherapy data. For records of patients treated at multiple institutions, only those with chemotherapy administered at Srinagarind Hospital were analyzed. The study protocol was reviewed and approved by the Khon Kaen University Ethics Committee for Human Research (HE671197).

2. Data management and quality assurance

Chemotherapy regimen fields were entered as free text and often contained abbreviations, brand names, spelling variants, and cycle/day annotations. We harmonized entries in Python by curating a canonical dictionary of regimens used at our center and applying rule–based text normalization. Normalized strings were matched to the canonical dictionary using the thefuzz package. The top match was accepted when the similarity score was at least 85; empty or uninformative inputs were assigned 'Unknown'. All standardized outputs were then manually reviewed to ensure correctness. To ensure reproducibility and auditability, we retained the original free–text entry, the normalized string, and the assigned canonical regimen, and we version–controlled the replacement rules and mapping table. After standardization, we deduplicated administrations using a composite key (record identifier, standardized regimen, administration date) and performed consistency checks for chronological plausibility and regimen–drug coherence.

3. Statistical analysis

The primary endpoint was overall survival (OS), defined as the time from the date of surgery at Srinagarind Hospital (index date per treatment form CCA03) to death from any cause, with vital status and dates ascertained from the follow–up form (CCA05). Patients alive at the end of follow–up were censored at the date of last documented contact in CCA05; patients lost to follow–up were censored at their last known alive date. Survival curves were estimated using the Kaplan–Meier method, and we report median OS with 95% confidence intervals. Groups were compared using two–sided log–rank tests (α = 0.05). Univariable and multivariable Cox proportional hazards models were used to identify prognostic factors, reporting hazard ratios with 95% confidence intervals and two–sided *P* values. Univariable Cox models assessed the effect of individual covariates, while multivariable Cox models were used to identify independent prognostic factors, adjusting for covariates included age, sex, stage, tumor site, treatment variables, and other clinically relevant factors available in the dataset. Sensitivity analyses included restricting to pathologically confirmed CCA and excluding records with uncertain regimen assignments. Analyses were conducted in Python (required packages: pandas, NumPy, lifelines).

Results

1. Patient characteristics and chemotherapy treatment patterns

A total of 308 CCA records from the Isan cohort database who underwent surgical resection and received at least one chemotherapy regimen were included in this study. The characteristics of the study population are summarized in Table 1. The study population's median age at diagnosis was 63 years (range: 31–83 years), and the mean age was 62.3 ± 8.0 years. Males comprised the majority (n=190, 61.7%) compared to females (n=118, 38.3%). All patients underwent surgical resection prior to chemotherapy initiation.

Table 1 Patient characteristics

Characteristics	Number of patients N = 308	Percentage (%)
Age, years, (median, range)	63 (31–83)	
Sex		
Male	190	61.7
Female	118	38.3
Anatomical subtype		
iCCA	118	38.3
pCCA	112	36.4
dCCA	23	7.5
Unknown	55	17.9
Tumor morphology		
Mass forming	83	26.9
Periductal	33	10.7
Intraductal	28	9.1
Mixed	103	33.4
Unknown	61	19.8
Marginal status		
Free margin	152	49.4
Not free margin	98	31.8
Unknown	58	18.8
Pathological stage		
early (0–II)	75	24.4
late (III–IV)	170	55.2
Unknown	63	20.5

The top 5 commonly used regimens were gemcitabine (GEM, 32.9%), capecitabine (22.5%), cisplatin + gemcitabine (CIS/GEM, 15.1%), fluorouracil (5FU, 9.0%), and cisplatin + fluorouracil (CIS+5FU, 5.5%). The predominance of GEM-based therapies aligns with current guidelines, while the use of 5FU-based regimens underscores the ongoing role of 5FU in CCA management (9). This analysis highlights the complexity and heterogeneity of real-world CCA treatment patterns, including regimen transitions based on clinical response, toxicity, and disease progression.

2. Data preprocessing and 5-year survival analysis preparation

The survival analysis dataset was systematically preprocessed to ensure data quality and establish a standardized 5-year follow-up period. The final analytical cohort included 269 of the initial 308 CCA patients after excluding cases with missing survival/event data and cases with follow-up period shorter than 30 days. Survival times were converted to months and censored at 60 months (n=36, 13.4%). In this cohort, the median follow-up was 20.3 months, with 146 deaths (54.3%) and 123 censored observations (45.7%). This methodology ensures that all survival estimates and hazard ratios reflect outcomes within a clinically relevant 5-year timeframe.

3. Survival analysis

Kaplan-Meier survival analysis was performed to compare the survival outcomes of patients receiving a single chemotherapy regimen versus those receiving multiple regimens. The survival curves are presented in Figure 1. The median overall survival was found to be 27.6 months for the single-regimen group (n=147) and 30.4 months for the multiple-regimen group (n=122). While the multiple-regimen group exhibited slightly longer median survival, the difference between the two survival curves was not statistically significant as determined by the log-rank test (p=0.201). At the 60-month follow-up, the survival probability was approximately 30% for the single-regimen cohort and 35% for the multiple-regimen cohort (Figure 1).

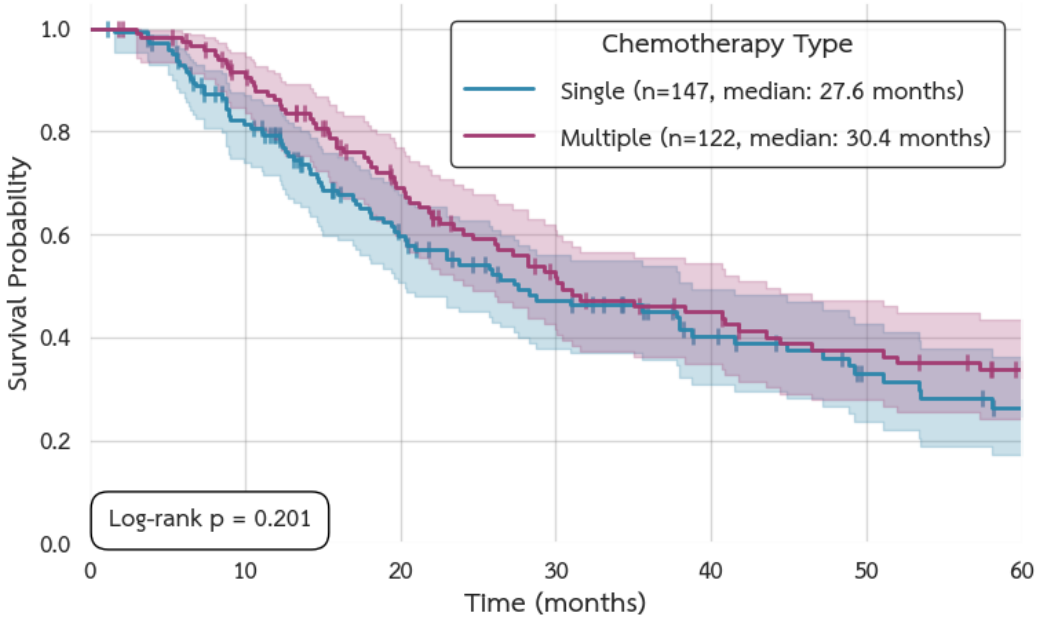


Figure 1. Kaplan-Meier analysis of 5-year survival by treatment approach. The analysis revealed no statistically significant difference in survival outcomes between the two groups (log-rank test, p = 0.201).

To ensure clear and interpretable outcomes, the survival analysis was limited to patients who received a single therapeutic regimen. Patients treated with multiple sequential regimens were excluded due to the heterogeneity and complexity of their treatment pathways, which would confound the assessment of individual regimen efficacy.

We performed a survival analysis focusing on the five most frequently administered chemotherapy regimens within the Isan cohort. Kaplan–Meier survival curves were generated to illustrate the probability of 5-year survival, as shown in Figure 2. There was a clear separation among the curves, with the capecitabine regimen demonstrating the most favorable survival outcome, while the CIS+5FU regimen was associated with the poorest prognosis. A global log-rank test confirmed these observed differences were statistically significant, indicating substantial heterogeneity among the survival distributions of the treatment groups ($p < 0.001$).

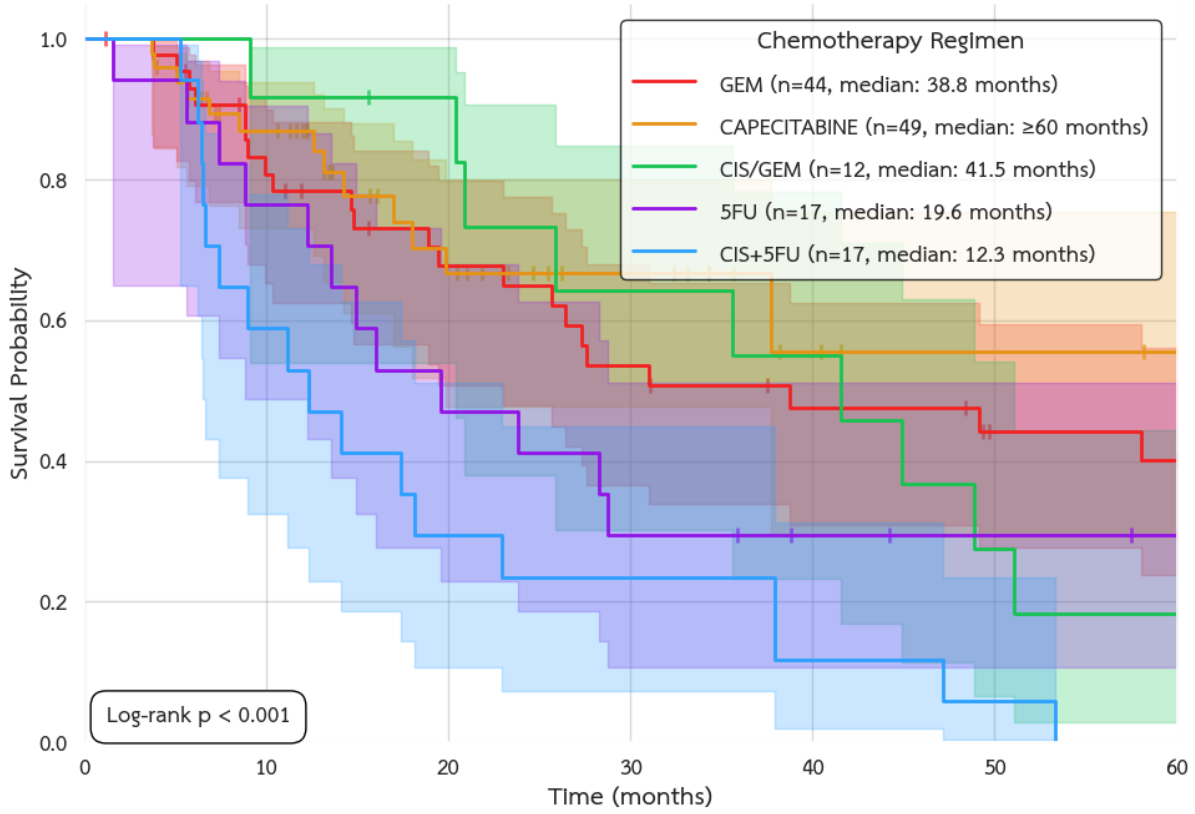


Figure 2. Kaplan–Meier analysis of 5-year survival by five most frequently administered chemotherapy regimens within the Isan cohort.

To identify which specific regimens differed, pairwise comparisons were conducted, with detailed results presented in Table 2. Notably, the survival advantage of capecitabine over several other regimens, particularly CIS+5FU, was highly significant. The capecitabine regimen conferred the most favorable prognosis, with a median survival time exceeding the 60-month observation period (Figure 2). Its superiority was robustly demonstrated through statistically significant survival advantages over both CIS+5FU ($p < 0.001$) and 5FU ($p = 0.05$) (Table 2).

Table 2. Pairwise comparison of overall survival among chemotherapy regimens

	GEM	CAPECITABINE	CIS/GEM	5FU
GEM	–	–	–	–
CAPECITABINE	0.47	–	–	–
CIS/GEM	0.60	0.69	–	–
5FU	0.19	**0.05***	0.36	–
CIS+5FU	**<0.001*****	**<0.001*****	**0.01****	0.10

Conversely, the CIS+5FU regimen was associated with the poorest prognosis (median survival: 12.3 months). Its survival outcomes were significantly inferior to those of capecitabine ($p < 0.001$), GEM ($p < 0.001$), and CIS/GEM ($p < 0.01$) (Table 2). The remaining regimen, CIS/GEM (median survival: 41.5 months) and GEM (38.8 months), demonstrated intermediate efficacy. Notably, there was no statistically significant difference in survival between these two treatments ($p > 0.05$), suggesting they offer comparable clinical benefit.

To identify prognostic factors for survival, we performed both univariate and multivariate Cox proportional hazards analyses. The results of these analyses are summarized in Table 3.

Table 3. Univariate and multivariate Cox proportional hazards analysis of survival

Variable		Univariate			Multivariate		
		HR	95% CI	*p*	aHR	95% CI	*p*
Age	< 60	1			1		
	≥ 60	0.83	0.53–1.28	0.39	0.91	0.53–1.54	0.71
Sex	Male	1			1		
	Female	1.35	0.86–2.11	0.19	1.51	0.87–2.61	0.14
Anatomical subtype	iCCA	1			1		
	pCCA	0.99	0.58–1.68	0.98	1.24	0.63–2.39	0.53
	dCCA	1.17	0.41–3.36	0.77	1.08	0.34–3.40	0.89
Tumor morphology	Mixed	1			1		
	Mass forming	1.37	0.78–2.41	0.27	1.83	0.88–3.81	0.11
	Periductal	0.86	0.33–2.23	0.75	0.93	0.33–2.61	0.88
	Intraductal	0.26	0.08–0.87	**0.03***	0.45	0.12–1.69	0.24
Marginal status	Free margin	1			1		
	Not free margin	2.05	1.22–3.43	**<0.01****	2.04	1.12–3.70	**0.02***

Table 3. Univariate and multivariate Cox proportional hazards analysis of survival (cont.)

Variable		Univariate			Multivariate		
		HR	95% CI	*p*	aHR	95% CI	*p*
Lymph node status	Negative	1			1		
	Positive	2.09	1.24–3.52	**<0.01****	1.80	0.89–3.61	0.10
Pathological stage	Late (III–IV)	1			1		
	Early (0–II)	0.43	0.24–0.80	**<0.01****	0.91	0.39–2.11	0.83
Chemotherapy	CAPECITABINE	1			1		
	5FU	2.00	0.91–4.40	0.08	1.86	0.80–4.34	0.15
	CIS+5FU	3.91	1.90–8.06	**<0.01****	2.13	0.91–4.99	0.08
	CIS/GEM	1.42	0.60–3.35	0.42	1.17	0.43–3.15	0.76
	GEM	1.15	0.57–2.32	0.69	0.93	0.43–2.00	0.84

In the univariate analysis, several variables were identified as significant predictors of survival. Factors associated with improved survival included intraductal tumor morphology (HR = 0.26, $p = 0.03$) and early pathological stage (0–II) (HR = 0.43, $p < 0.01$). Conversely, factors associated with a higher hazard of death included a non–free surgical margin (HR = 2.05, $p < 0.01$), positive lymph node status (HR = 2.09, $p < 0.01$), and treatment with Cisplatin+fluorouracil chemotherapy compared to Capecitabine (HR = 3.91, $p < 0.01$).

A multivariable model was constructed to adjust for covariates and assess the independent effect of each variable. In the adjusted analysis, only surgical margin status remained a statistically significant predictor, with non–free margins associated with a twofold increased risk of death (adjusted HR = 2.04, $p = 0.02$). Significant variables in univariate analysis, such as pathological stage and lymph node status, lost their significance after the adjustment, suggesting their prognostic effects were captured by margin status. Other factors, including age, sex, tumor morphology, and chemotherapy regimen, were not independent predictors in the final model.

Analysis of the five most common chemotherapy regimens confirmed significant patient–level variability in survival outcomes (Figure 3). Each regimen displayed a wide range of survival times. Notably, patients receiving GEM or CIS/GEM included some who survived beyond 40 months, whereas most treated with capecitabine or 5FU had observed survival times under 20 months (Figure 3A). However, the apparent shorter survival for capecitabine was driven by a cluster of censored observations from patients who were still alive at their last follow–up.

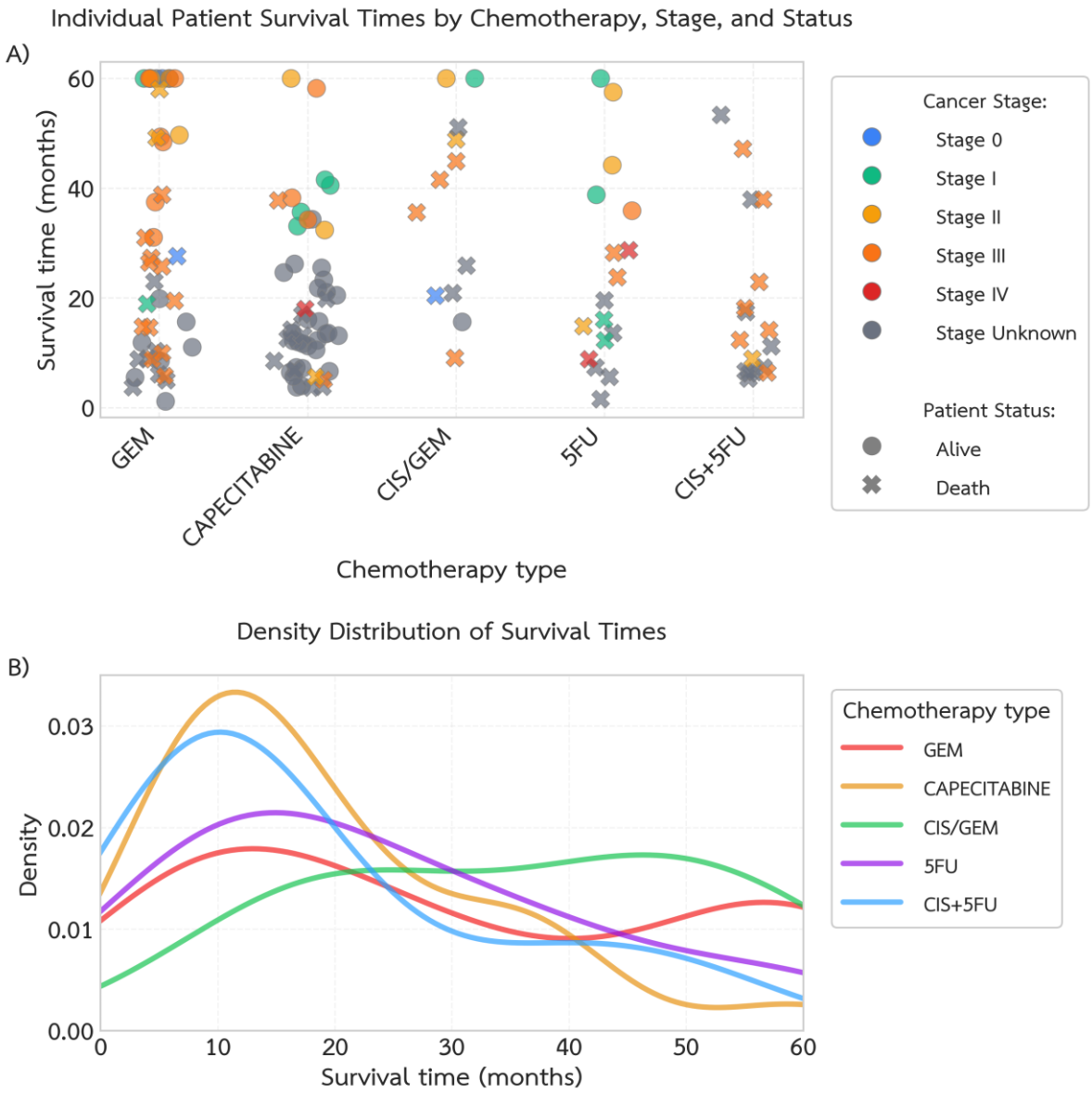


Figure 3. Comparison of patient survival outcomes across the top five most frequently administered chemotherapy regimens within the Isan cohort. A) Individual patient data points indicating cancer stage and vital status. B) Density plots showing the distribution of survival times across chemotherapy regimens.

The density plots reflected these patterns, with GEM–based therapies displaying particularly broad distributions, and the CIS/GEM combination showing the greatest spread, indicating marked variability among patients (Figure 3B). These findings emphasize that each chemotherapy regimen is associated with a diverse spectrum of patient responses, which may be influenced by other underlying disease or patient–specific factors.

This heterogeneity, as also reflected in the Kaplan–Meier curves (Figure 2) and supported by Cox regression analyses (Table 3), suggests that further investigation into the biological, clinical, or genetic factors driving these differences in treatment response is warranted. Understanding these factors could help guide future efforts to personalize therapy and improve outcomes.

Discussion

This study, an exploration of the Isan cohort database, was designed to characterize real-world chemotherapy outcomes in a population with a high prevalence of CCA (10). Our initial survival analysis revealed statistically significant differences between chemotherapy regimens. The capecitabine regimen was associated with the most favorable prognosis, with a median survival exceeding 60 months, while the CIS+5FU regimen was linked to the poorest outcomes in this cohort. Causality cannot be inferred from this data, and further investigation is needed to explore why these differences occur and what other factors may contribute.

Interpretation of these results must account for potential indication bias, as more aggressive regimens like cisplatin+fluorouracil are often administered to patients with advanced disease or poorer performance status, while less toxic regimens such as capecitabine are typically used post-resection (9,11). Reflecting this, considerable heterogeneity in survival times was observed within each treatment group. All regimens showed broad variability in survival, indicating substantial patient-level differences in treatment response. After adjustment for key prognostic factors, including pathological stage, lymph node involvement, and margin status, differences in survival between chemotherapy regimens were no longer statistically significant.

The reduction of effect seen in the multivariable model is a key finding, indicating that the initial survival differences between chemotherapy regimens were primarily due to underlying patient risk profiles rather than the regimens themselves. Non-free surgical margin emerged as the strongest independent predictor of mortality, underscoring that the success of surgical resection has a greater impact on survival than chemotherapy choice. This highlights the critical importance of achieving clear margins (R_0 resection) in real-world clinical practice.

This study has several limitations. Its retrospective design limits causal inference compared to randomized controlled trials. Data on treatment lines, dose modifications, and toxicities were incomplete, restricting detailed assessment of chemotherapy outcomes beyond survival, and missing parameters in some samples further complicated interpretation and limited the analyses. Additionally, the fluke-induced etiology of CCA in our region may affect tumor biology and chemosensitivity, limiting the generalizability of these findings to CCA induced by other causes.

Despite these limitations, our findings deliver important clinical implications. The survival data must be interpreted cautiously due to the significant risk of indication bias. Most notably, achieving R_0 resection remains the primary determinant of long-term survival (12), underscoring the importance of precise surgical planning and execution. Future clinical trials of chemotherapy should stratify patients by surgical margin status to ensure accurate assessment of treatment effects. Furthermore, the wide range of outcomes observed within each regimen highlights the critical role of individual patient biology. Future research leveraging detailed omics technologies is warranted to elucidate these sources of heterogeneity and guide the development of more personalized medicine.

Conclusion

Our analysis highlights a substantial degree of patient heterogeneity that complicates the evaluation of chemotherapy efficacy in observational data, leading to confounding by indication. This inherent variability in patient and tumor characteristics is arguably the principal barrier to improving outcomes for this disease. Consequently, our findings issue a compelling call for new research directions. While maximizing R_0 resection rates provides the best foundation for survival, the path forward lies in designing clinical trials that prospectively account for and dissect this heterogeneity. Future studies must pivot from population–level comparisons to testing risk–stratified adjuvant strategies in well–defined patient subgroups to identify who benefits from which therapy, especially in the high–risk, post–resection setting.

Competing Interests

The authors declare no competing interests.

Funding

This work was supported by Research Program from Research Department of Khon Kaen University, with funding support from the National Science Research and Innovation Fund of Thailand (NSRF). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge Professor Narong Khuntikeo for his pioneering vision and leadership in establishing the Cholangiocarcinoma Screening and Care Program (CASCAP). We thank the entire CASCAP team, the researchers, and staff at the Cholangiocarcinoma Research Institute for their efforts in data collection and curation. We also extend our gratitude to the Faculty of Medicine for providing an educational support scholarship to Arnut Klangprapun during this study. Most importantly, we thank the patients in the cohort, without whom this study would not have been possible.

Author contributions

Arnut Klangprapun: Conceptualization, Investigation, Writing – Original Draft. Vasin Thanasukarn: Data collection and curation, Validation. Nisana Namwat: Data curation, Validation. Poramate Klanrit: Data curation, Validation. Attapol Titapun: Supervision, Data curation. Watcharin Loilome: Resources, Supervision, Data curation. Arporn Wangwiwatsin: Conceptualization, Resources, Supervision, Writing–Reviewing and Editing. All authors reviewed and approved the final manuscript.

References

1. Loilome W, Namwat N, Jusakul A, Techasen A, Klanrit P, Phetcharaburanin J, et al. The Hallmarks of Liver Fluke Related Cholangiocarcinoma: Insight into Drug Target Possibility. In 2023. p. 53–90.
2. Banales JM, Marin JJG, Lamarca A, Rodrigues PM, Khan SA, Roberts LR, et al. Cholangiocarcinoma 2020: the next horizon in mechanisms and management. Vol. 17, Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology. Nature Research; 2020. p. 557–88.
3. Du J, Lv X, Zhang Z, Huang Z, Zhang E. Revisiting targeted therapy and immunotherapy for advanced cholangiocarcinoma. Front Immunol. 2023 Mar 1;14.
4. Khuntikeo N, Koonmee S, Sa-Ngiamwibool P, Chamadol N, Laopaiboon V, Titapun A, et al. A comparison of the proportion of early stage cholangiocarcinoma found in an ultrasound-screening program compared to walk-in patients. HPB. 2020 Jun;22(6):874–83.
5. Valle J, Wasan H, Palmer DH, Cunningham D, Anthoney A, Maraveyas A, et al. Cisplatin plus Gemcitabine versus Gemcitabine for Biliary Tract Cancer. New England Journal of Medicine. 2010 Apr 8;362(14):1273–81.
6. Lamarca A, Palmer DH, Wasan HS, Ross PJ, Ma YT, Arora A, et al. Second-line FOLFOX chemotherapy versus active symptom control for advanced biliary tract cancer (ABC-06): a phase 3, open-label, randomised, controlled trial. Lancet Oncol. 2021 May;22(5):690–701.
7. Kelley RK, Ueno M, Yoo C, Finn RS, Furuse J, Ren Z, et al. Pembrolizumab in combination with gemcitabine and cisplatin compared with gemcitabine and cisplatin alone for patients with advanced biliary tract cancer (KEYNOTE-966): a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 3 trial. The Lancet. 2023 Jun;401(10391):1853–65.
8. Oh DY, He AR, Qin S, Chen LT, Okusaka T, Vogel A, et al. 56P Updated overall survival (OS) from the phase III TOPAZ-1 study of durvalumab (D) or placebo (PBO) plus gemcitabine and cisplatin (+ GC) in patients (pts) with advanced biliary tract cancer (BTC). Annals of Oncology. 2022 Sep;33:S565–6.
9. Vogel A, Bridgewater J, Edeline J, Kelley RK, Klümpen HJ, Malka D, et al. Biliary tract cancer: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and follow-up ☆. Annals of Oncology. 2023 Feb 1;34(2):127–40.
10. Thinkhamrop B, Thinkhamrop K, Tawarungrueng C, Prathumkham P. Digital Innovations (Isan Cohort). In 2023. p. 269–80.
11. Primrose JN, Fox RP, Palmer DH, Malik HZ, Prasad R, Mirza D, et al. Capecitabine compared with observation in resected biliary tract cancer (BILCAP): a randomised, controlled, multicentre, phase 3 study. Lancet Oncol. 2019 May;20(5):663–73.
12. Thanasukarn V, Srisuk T, Luvira V, Tipwaratorn T, Jareanrat A, Rattanarak K, et al. Improving postoperative survival in cholangiocarcinoma: development of surgical strategies with a screening program in the epidemic region. World J Surg Oncol. 2024 Oct 31;22(1):287.

การพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง

Development of a nutritional self-care education and support program on nutritional self-care behaviors in older adults with hepatocellular carcinoma undergoing Trans Arterial Chemoembolization (TACE)

รินรดา มีเฉย[1*] และ สุทธินันท์ สุบินดี[2]

Rinrada Meechoei[1*] and Suttinan Subindee[2]

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบความเป็นไปได้ของโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง ประกอบด้วยขั้นตอน การทบทวนวรรณกรรม พัฒนาโปรแกรมและการตรวจสอบโปรแกรม ประเมินความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และศึกษาความเป็นไปได้ของโปรแกรม เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์ข้อมูลทั่วไป และผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมีระยะดำเนินการ 4 สัปดาห์ โดยมีการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด 6 ครั้ง ครั้งที่ 1 เป็นการส่งเสริมความรู้ ดูแลตนเองด้านโภชนาการ ครั้งที่ 2 สานต่อความรู้ ครั้งที่ 3 ทบทวนความรู้สู่การนำใช้ ครั้งที่ 4 ถึง 6 เป็นการติดตามทางโทรศัพท์ ครั้งที่ 1-3 โดยใช้คู่มือ สื่อวีดิทัศน์ และโมเดลอาหารแลกเปลี่ยน โปรแกรมมีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) เท่ากับ 1 และมีความเป็นไปได้ในการนำโปรแกรมไปปฏิบัติใช้จริง ดังนั้น ควรศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดงต่อไป

คำสำคัญ: มะเร็งตับ, ผู้สูงอายุ, การดูแลตนเอง, โภชนาการ

[1] สาขาการพยาบาลเวชปฏิบัติผู้สูงอายุ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2] Gerontology Pracitoner Nursing, Faculty of Nursing, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

*Corresponding author: Rinrada.m@kkumail.com

Abstract

The study aimed to develop and test the feasibility of a nutritional self-care support and education program to promote nutritional self-care behaviors among older adults with liver cancer undergoing trans arterial chemoembolization (TACE). The study procedures included a literature review, program development, and program validation. Content validity was assessed by three experts, and the feasibility of the program was examined. The research instruments consisted of a general information interview form. The findings revealed that the developed program was implemented over a period of four weeks and comprised six sessions. Session 1 focused on promoting knowledge of nutritional self-care, Session 2 continued knowledge enhancement and Session 3 emphasized knowledge review and application, Sessions 4 to 6 involved follow-up through telephone calls (three sessions). The program utilized a handbook, video media, and a food exchange model as learning tools. The program demonstrated a content validity index (CVI) of 1.00 and was found to be feasible for practical implementation. Therefore, it is recommended that further research be conducted to evaluate the effectiveness of the nutritional self-care support and education program on nutritional self-care behaviors among older adults with liver cancer undergoing TACE.

Keywords: Hepatocellular Carcinoma, Older Adults, self-care, Nutritional

บทนำ

มะเร็งตับ (Hepatocellular Carcinoma; HCC) เป็นโรคที่มีความสำคัญและเป็นสาเหตุการเสียชีวิตทั่วโลก มะเร็งตับเป็นมะเร็งที่พบบ่อยเป็นอันดับ 6 ของโลก และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตจากมะเร็งอันดับ 3 ของโลก (World Health Organization [WHO] , 2020) อัตราการเกิดและอัตราการเสียชีวิตในผู้ชายสูงกว่าผู้หญิง 2 ถึง 3 เท่า (Sung et al., 2021) อายุเฉลี่ยของผู้ป่วยมะเร็งตับอยู่ที่ 63 ปี (อายุเฉลี่ยของการได้รับการวินิจฉัยอยู่ระหว่าง 56–74 ปี) (Yang et al., 2017) อัตราการเกิดโรคเพิ่มขึ้นร้อยละ 8 ในผู้ที่มีอายุ 65–69 ปี และร้อยละ 3 ในผู้ที่มีอายุ 70 ปีขึ้นไป (Ryerson et al., 2016) อัตราการเกิดโรคสูงในแถบเอเชียตะวันออก คือ ประเทศมองโกเลีย รองลงมาคือ ประเทศไทย (Sung et al., 2021) สำหรับสถานการณ์ประเทศไทย มะเร็งตับเป็นมะเร็งที่พบมากเป็นอันดับ 1 ในเพศชาย และอันดับ 5 ในเพศหญิง (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, 2564) พบมีอุบัติการณ์ประมาณ 20,000 รายต่อปี และอัตราการเสียชีวิตสูงถึง 14,000 รายต่อปี ความชุกของโรคมะเร็งตับในผู้สูงอายุไทยพบประมาณร้อยละ 40-50 ของผู้ป่วยมะเร็งตับทั้งหมด โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุที่มากขึ้น มักพบในช่วงอายุระหว่าง 40-75 ปี (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, 2564) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอัตราการเกิดโรคสูงที่สุด และมักพบผู้ป่วยโรคมะเร็งตับที่เข้ารับการรักษาในระยะท้ายของโรคเนื่องจากอยู่ในระยะลุกลาม จึงทำให้มีอัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น และอัตราการรอดชีวิตใน 5 ปีอยู่ที่ร้อยละ 18 (Jemal et al., 2017) ดังนั้น มะเร็งตับจึงเป็นปัญหาสำคัญและมีการเสียชีวิตเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศ (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, 2561) ปัจจุบันพบว่าปัญหาโรคมะเร็งตับมีแนวโน้มสูงขึ้นในกลุ่มผู้สูงอายุ (Arora et al., 2021) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการชรา ประสิทธิภาพการทำงานของตับลดลง ทำให้การกำจัดยาที่เข้าสู่ร่างกายช้าลง ผู้สูงอายุจึงมีความโน้มเอียงในการเกิดพิษจากยาและแอลกอฮอล์ได้ง่ายกว่าบุคคลทั่วไป (Cabrera et al., 2010) ปัจจัยเสี่ยงหลักได้แก่ ไวรัสตับอักเสบบีและซี การดื่มแอลกอฮอล์ ภาวะตับแข็ง บุหรี่ โรคไขมันพอกตับ การได้รับสารอะฟลา ท็อกซิน (Aflatoxins) โรคเบาหวาน และโรคอ้วน (Boyle, 2017)

การรักษามะเร็งตับมีหลายวิธี และขึ้นอยู่กับระยะของโรค (Elsebaie et al., 2023) คือ 1) มะเร็งตับระยะแรกเริ่ม (very early stage) จะรักษาโดยการผ่าตัดก้อนเฉพาะที่ 2) มะเร็งตับระยะแรก (early stage) ที่มีสมรรถภาพการทำงานของตับในเกณฑ์ระดับ Child–Pugh score A การรักษาในระยะนี้ได้แก่ การผ่าตัดเปลี่ยนถ่ายตับ (liver transplant) การทำลายก้อนเฉพาะที่ (ablation) เช่น ทำลายก้อนมะเร็งด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟ (microwave ablation) และการผ่าตัดก้อนเฉพาะที่ (resection) การรักษาหลักในผู้สูงอายุ คือ การทำลายก้อน และการผ่าตัดก้อนเฉพาะที่ ซึ่งการผ่าตัดควรเพิ่มความระมัดระวังโดยประเมินภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุอย่างครอบคลุมทุกมิติ เพื่อช่วยลดภาวะแทรกซ้อนหลังผ่าตัด (Cho et al., 2019) 3) มะเร็งตับระยะกลาง (intermediate HCC) ที่มีสมรรถภาพการทำงานของตับในเกณฑ์ระดับ Child–Pugh score B จะรักษาด้วยยาเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง (Trans arterial chemoembolization; TACE) (Bolondi, 2012) มีการศึกษาในผู้สูงอายุพบว่า การรักษาด้วยยาเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง ได้ประโยชน์และปลอดภัยเช่นการรักษาในกลุ่มอายุน้อย (Cho et al., 2019) แต่ยังพบว่าในกรณีผู้ป่วยมะเร็งตับที่เข้ารับการรักษาด้วย TACE หลายครั้งส่งผลทำให้มีภาวะโภชนาการที่ไม่ดี ส่งผลต่ออัตราการอดชีวิตที่ต่ำและระยะเวลาการดำเนินโรคที่แย่ลง (progression) (Deng et al., 2021)

นอกจากนี้ปัญหาภาวะทุพโภชนาการในผู้สูงอายุมะเร็งตับมีความสัมพันธ์กับโอกาสเกิดโรคร่วมเพิ่มขึ้น การดูแลด้านอาหารและการส่งเสริมโภชนาการในผู้สูงอายุมะเร็งตับ พบว่าช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตและลดอัตราการเสียชีวิต และยังเพิ่มคุณภาพชีวิต (Sidiq, 2015) มีคำแนะนำสำหรับทั้งผู้ป่วยโรคตับแข็งและมะเร็งเซลล์ตับให้มีการส่งเสริมโภชนาการรวมถึงพลังงานและโปรตีนที่เพียงพอ ซึ่งมักพบในอาหารประเภทกรดอะมิโนโซ่กิ่ง (Branched-chain amino acids; BCAAs) สามารถเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ การตอบสนองต่อการรักษา และคุณภาพชีวิตได้ (Ruiz-Margáin et al., 2021 และลดระยะเวลาการนอนโรงพยาบาล (Deutz et al., 2014) และควรจัดให้มีโปรแกรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมและเป็นไปได้เป็นส่วนหนึ่งของแผนโภชนาการ โดยมุ่งหวังที่จะเพิ่มสถานะโดยรวม (overall status) (Ruiz-Margáin et al., 2021)

ในบริบทหอผู้ป่วย 3จ พบว่าเป็นผู้สูงอายุมะเร็งตับระยะกลาง (Child–Pugh score B) สถิติ 3 ปีย้อนหลัง พ.ศ. 2564–2566 ที่เข้ารับการรักษามีผู้ป่วยมะเร็งตับทั้งหมด 281 ราย, 351 ราย และ 368 ราย ตามลำดับ โดยในกลุ่มนี้มีผู้สูงอายุจำนวน 154 ราย, 167 ราย และ 157 ราย ตามลำดับ ผู้สูงอายุ คือกลุ่มคนที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป(เวชระเบียนโรงพยาบาลศรีนครินทร์, 2566) จากการศึกษาปรากฏการณ์ พบว่า ผู้สูงอายุมะเร็งตับส่วนใหญ่ที่เข้ามารักษายังสามารถช่วยเหลือตนเองได้ดี แต่ยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการรับประทานอาหารที่เหมาะสมกับโรค ทำให้รับประทานอาหารไม่เหมาะสม ประกอบกับพยาธิสภาพของโรคทำให้ผู้สูงอายุเกิดอาการไม่สุขสบาย ปวดแน่นท้องหลังรับประทานอาหาร เบื่ออาหาร ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านจิตใจ ความเครียด วิตกกังวลตามมาจนทำให้รับประทานอาหารได้ลดลง ผู้ดูแลยังขาดความรู้ในการดูแลเรื่องอาหารสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปัญหาเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการรับประทานอาหาร ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาโปรแกรมการให้ข้อมูลหรือความรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมะเร็งตับมีการปรับพฤติกรรมในการรับประทานอาหารที่เหมาะสมกับโรคและการเจ็บป่วยที่เป็น และยังสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน(Sustainable Development Goals: SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ ในเป้าหมายที่ 2 คือ ยุติความหิวโหยและบรรลุความมั่นคงทางอาหารและยกระดับโภชนาการและส่งเสริมเกษตรกรรมที่ยั่งยืน (https://sdgs.un.org/goals/goal2) ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาภาวะทุพโภชนาการในผู้สูงอายุ

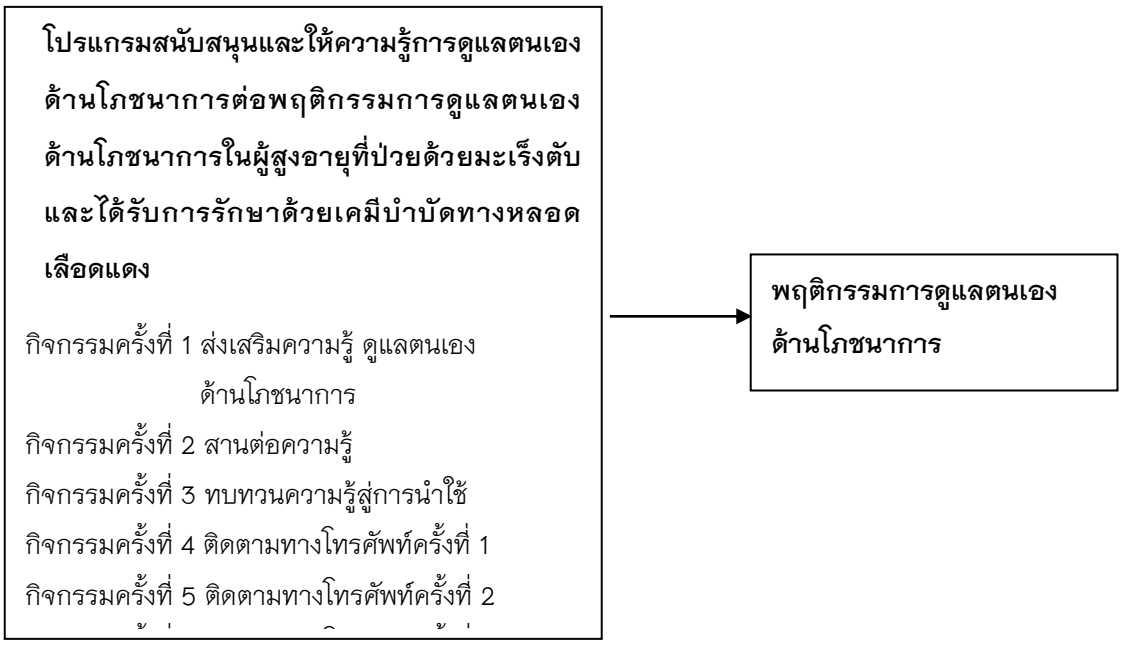
จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า มีการนำทฤษฎีระบบการพยาบาลของโอเร็มมาพัฒนาเป็นโปรแกรมการสนับสนุนและให้ความรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการดูแลตนเองของผู้ป่วยในแต่ละโรค การดูแลตนเองเป็นการกระทำที่จงใจและมีเป้าหมาย (Orem, 1991 อ้างถึงใน สมจิต หนุเจริญกุล, 2544) แนวคิดระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ (education supportive nursing system) ของโอเร็มสามารถนำมาเป็นแนวทางใน

การพัฒนาโปรแกรมการสนับสนุนและให้ความรู้ผู้สูงอายุมะเร็งตับ เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมในการดูแลตนเองด้านโภชนาการได้ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุมะเร็งตับที่เข้ารับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง โดยนำแนวคิดทฤษฎีการพยาบาลของโอเร็ม (Berbiglia & Banfield, 2014) มาเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับ โดยใช้หลักการของระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ช่วยส่งเสริมการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับ เพื่อให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมการดูแลด้านโภชนาการที่เหมาะสม ต่อเนื่อง อาจส่งผลต่อการช่วยชะลอความรุนแรงของโรค คุณภาพชีวิตและอัตราการรอดชีวิตเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง

กรอบแนวคิดและสมมติฐาน



วิธีการวิจัย

ประชากร

ผู้ป่วยที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปทั้งเพศชายและเพศหญิงที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นมะเร็งตับเข้ารับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง ในหอผู้ป่วย 3จ งานการพยาบาลจักษุ โสตฯ จิตเวชและตรวจวินิจฉัยพิเศษ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กลุ่มตัวอย่าง

คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Consecutive Sampling) ตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าศึกษา (Inclusion criteria) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*Power version 3.1.9.4 ได้กลุ่มตัวอย่าง 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 20 คน กลุ่มทดลอง 20 คน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกดังนี้

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย เป็นกลุ่มที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นมะเร็งตับระยะกลาง และเข้ารับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดงครั้งแรกขึ้นไป ประเมินได้ Child-Pugh score B สามารถรับประทานอาหารทางปากได้ การมองเห็นและการได้ยินปกติ สามารถสื่อสารด้วยภาษาไทยและภาษาท้องถิ่นได้ การรู้คิดปกติ โดยใช้แบบประเมินสมรรถภาพสมองในผู้สูงอายุฉบับย่อ (Mini-cog) โดยต้องได้ 4 คะแนนขึ้นไป ไม่มีภาวะซึมเศร้าโดยมีคะแนนจากแบบคัดกรองโรคซึมเศร้า 2 คำถาม (2Q) ตอบ “ไม่มี” ทั้ง 2 ข้อ หากมีข้อใดข้อหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้อ (มีอาการใด ๆ ในคำถามที่ 1 และ 2 หมายถึง “เป็น ผู้มีความเสี่ยง” หรือ “มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคซึมเศร้า” ให้ประเมินต่อด้วยแบบประเมิน โรคซึมเศร้า 9 คำถาม (9Q) ได้คะแนน 0-7 คะแนน คือ ไม่มีภาวะซึมเศร้า มีผู้ดูแลที่เป็นสมาชิกในครอบครัว ผู้สูงอายุมีโทรศัพท์ที่สามารถโทรติดต่อสื่อสารได้ มีความสมัครใจและยินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 2 ชนิด ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับ ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง อาชีพ ระดับการศึกษา การเจ็บป่วยหรือโรคประจำตัว จำนวนครั้งที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง ประวัติการใช้ยาในปัจจุบัน ความสามารถในการเคี้ยว/กลืนอาหาร ปัญหาสุขภาพและช่องปาก รายได้เฉลี่ยต่อเดือน การได้มาของอาหารที่รับประทานในแต่ละวัน จำนวนมื้ออาหาร การมีกิจกรรมทางกาย/ออกกำลังกาย

ส่วนที่ 2 แบบประเมินพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับ จำนวน 22 ข้อ เป็นมาตราส่วนประมาณค่า Likert Scale โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง มีการปฏิบัติทุกวัน
4 หมายถึง มีการปฏิบัติสัปดาห์ละ 4-6 วัน
3 หมายถึง มีการปฏิบัติสัปดาห์ละ 2-3 วัน
2 หมายถึง มีการปฏิบัติสัปดาห์ละ 1 วัน
1 หมายถึง ไม่มีการปฏิบัติเลย

การให้คะแนนแบบสอบถามในแต่ละข้อจะมีให้เลือก 5 ระดับ ซึ่งมีความหมายทางบวกและทางลบ โดยให้เกณฑ์ตามลำดับวิธีของลิเคอร์ต (Likert scale)

การแปลผลคะแนนรวมทั้งหมดของแบบประเมินมีช่วงคะแนน 20-100 คะแนน คะแนนต่ำสุด คือ 24 คะแนน และคะแนนสูงสุด คือ 120 คะแนน ค่าคะแนนที่สูงแสดงถึงผู้สูงอายุมีการดูแลตนเองด้านโภชนาการที่ดี

2. โปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง โดยในโปรแกรมประกอบด้วยสื่อ ต่อไปนี้

2.1 คู่มือการส่งเสริมภาวะโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดงและผู้แล พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัย ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

2.2 สื่อวีดิทัศน์การออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับ

2.3 โมเดลอาหารแลกเปลี่ยน

โดยประยุกต์จากทฤษฎีการดูแลตนเองของโอเร็ม (Orem) ประกอบด้วย ทั้งหมดกิจกรรม 6 ครั้ง ระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยกิจกรรมครั้งที่ 1 ส่งเสริมความรู้ ดูแลตนเองด้านโภชนาการ กิจกรรมครั้งที่ 2 สานต่อความรู้ กิจกรรมครั้งที่ 3 ทบทวนความรู้สู่การนำใช้ กิจกรรมครั้งที่ 4 ติดตามทางโทรศัพท์ครั้งที่ 1 กิจกรรมครั้งที่ 5 ติดตามทางโทรศัพท์ครั้งที่ 2 และกิจกรรมครั้งที่ 6 ติดตามทางโทรศัพท์ครั้งที่ 3 โดยมีสื่อใช้ในการทำกิจกรรม ได้แก่ 1) คู่มือสำหรับผู้สูงอายุและผู้ดูแลเพื่อส่งเสริมภาวะโภชนาการในผู้สูงอายุมะเร็งตับ 2) สื่อวิดิทัศน์การออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับ และ 3) โมเดลอาหารแลกเปลี่ยน เพื่อฝึกทักษะและการฝึกจัดมื้ออาหารให้เหมาะสมกับโรคประจำตัว

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity index : CVI)

ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการ สื่อคู่มือ และสื่อวีดิทัศน์ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงของเนื้อหา หลังจากผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงของเนื้อหา ความสอดคล้อง ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นนำค่าคะแนนไปคำนวณดัชนีความตรงของเนื้อหา โดยค่า CVI ที่ยอมรับได้มีค่าไม่น้อยกว่า 0.8 ซึ่งโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับ ค่าความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 1 สื่อคู่มือ 0.83 และสื่อวิดิทัศน์ 0.61 ซึ่งในส่วนของสื่อวิดิทัศน์ ได้ค่า CVI น้อยกว่า 0.8 ผู้วิจัยจึงได้นำข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงสื่อวิดิทัศน์ ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มอาสาสมัคร ดังตารางที่ 1

2. การหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability)

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามและแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการจะศึกษา จำนวน 30 คน แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยควรมีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป ซึ่งแบบสอบถามและแบบประเมินในการวิจัยนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบจากคณะกรรมการการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE681245 วันที่ 14 พฤษภาคม 2568 ซึ่งมีวิธีการศึกษา ดังนี้

การพัฒนาโปรแกรมดูแลตนเองด้านโภชนาการของผู้สูงอายุมะเร็งตับ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสารและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหรือโปรแกรมการส่งเสริมพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการของผู้สูงอายุมะเร็งตับ สืบค้นข้อมูลในฐานข้อมูล ได้แก่ PubMed, CINAHL, ProQuest, ThaiJo และ Google Schorlar โดยใช้คำสำคัญในการสืบค้น ดังนี้ (Older Adult) AND (Hepatocellular Carcinoma)) AND (Nutritional) AND (Trans Atrial Chemoembolization) AND (Nursing Intervention) และ "มะเร็งตับในผู้สูงอายุ" "ภาวะโภชนาการ" "การรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง" "พฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการ" "การส่งเสริมภาวะโภชนาการในผู้สูงอายุ" "ภาวะโภชนาการในผู้สูงอายุมะเร็งตับ" "โปรแกรมการส่งเสริมพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการ"

2. การวิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์ และสรุปประเด็นสำคัญ เพื่อพัฒนาเป็นโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง

3. การตรวจสอบความเป็นไปได้ของโปรแกรม

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความเป็นไปได้ของโปรแกรมระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568

3.1 การประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรม รวมทั้งคู่มือการส่งเสริมภาวะโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดงและผู้ดูแล และสื่อวิดิทัศน์การออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการ จำนวน 1 ท่าน อาจารย์พยาบาลผู้เชี่ยวชาญด้านการพยาบาลผู้สูงอายุ จำนวน 1 ท่าน และพยาบาลผู้เชี่ยวชาญด้านการพยาบาลผู้ป่วยมะเร็งตับที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง คำนวณหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) โดยค่าที่ยอมรับได้ต้องไม่น้อยกว่า 0.80 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงเนื้อหาตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.2 ประเมินความเป็นไปได้ในการนำโปรแกรมไปใช้ โดยผู้วิจัยได้นำโปรแกรมไปทดลองใช้กับผู้ป่วยสูงอายุที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง ณ หอผู้ป่วย 3จ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 5 ราย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมในขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบความเป็นไปได้ของโปรแกรม ซึ่งผู้วิจัยได้นำโปรแกรมไปใช้กับผู้สูงอายุที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง จำนวน 5 ราย โดยเป็นการวิเคราะห์ ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) วิเคราะห์แจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ส่วนคะแนนพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean)

ผลการศึกษา

1. ผลจากการศึกษาค้นคว้าหลักฐานเชิงประจักษ์

ผลการศึกษาได้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุมะเร็งตับ เรื่อง โดยมีงานวิจัยจำนวน 5 เรื่อง ได้แก่ การศึกษาของอณีรัตน์ วงค์สวัสดิ์โสต และคณะ (2564) ศึกษาผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อการดูแลตนเองด้านอาหารและค่าอัลบูมินในเลือดของผู้ป่วยมะเร็งตับ พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยการดูแลตนเองด้านอาหารของกลุ่มทดลองภายหลังได้รับโปรแกรมสูงกว่าก่อนได้รับโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) การศึกษาของทิพวรรณ เทียมแสน (2567) เกี่ยวกับการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อความสามารถในการดูแลตนเอง และคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่ได้รับเคมีบำบัดการศึกษา พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการดูแลตนเองและคุณภาพชีวิตของโปรแกรมฯ สูงกว่าก่อนการได้รับการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.001$) การศึกษาของ ลัคนา กองเมือง (2564) เกี่ยวกับโปรแกรมการสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการดูแลตนเอง ด้านโภชนาการและภาวะโภชนาการในผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และทวารหนักที่ได้รับยาเคมีบำบัด พบว่า ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมฯ กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในวันที่ 14 และวันที่ 28 สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.001$) การศึกษาของสุธิสา เต็มทับและประณีต ส่งวัฒนา (2566) เกี่ยวกับการส่งเสริมการ

ดูแลตนเองด้านอาหารสำหรับผู้ป่วยมะเร็งตับที่เข้ารับการรักษาด้วยวิธีฉีดยาเคมีบำบัดเข้าก้อนมะเร็งตับเฉพาะที่ จากการศึกษาพยาบาลมีบทบาทสำคัญในการประยุกต์ใช้แนวทางการส่งเสริมการดูแลตนเองด้านอาหารสำหรับผู้ป่วยมะเร็งตับที่เข้ารับการรักษาด้วยวิธี TACE ที่เน้นเรื่องการส่งเสริมการดูแลตนเองด้านอาหาร โดยให้ข้อเสนอแนะเรื่องแผนการรักษาด้านอาหารที่เหมาะสม มุ่งเน้นเป็นรายบุคคล วิธีการสอนของพยาบาลเพื่อส่งเสริมการดูแลตนเองด้านอาหารที่ต่อเนื่อง และ การศึกษาของ Rakhshani et al. (2022) เกี่ยวกับผลของการให้ความรู้ในการดูแลตนเองโดยใช้แนวคิดของโอเร็มเป็นฐานต่อการส่งเสริมความสามารถในการดูแลตนเองของผู้ป่วยที่เข้ารับเคมีบำบัด พบว่า คะแนนเฉลี่ยการดูแลตนเองของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p = 0.001$) จากการทบทวนวรรณกรรมเห็นได้ว่าโปรแกรมการสนับสนุนและให้ความรู้ มีผลต่อความสามารถในการดูแลตนเอง พฤติกรรมการดูแลตนเอง และคุณภาพชีวิต ซึ่งระยะเวลาการทำโปรแกรม ตั้งแต่ 4 สัปดาห์ ถึง 1 ปี

2. การพัฒนาเป็นโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุมะเร็งตับ ร่วมกับการนำทฤษฎีระบบการพยาบาลของโอเร็มมาพัฒนาเป็นโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการ

ครั้งที่	วันที่	กิจกรรม	สื่อ	เวลา (นาที)
1	วันที่ 1 ของการเข้ารับการรักษา	**กิจกรรมครั้งที่ 1 ส่งเสริมความรู้ ดูแลตนเองด้านโภชนาการ** 1) แนะนำตัวและสร้างสัมพันธภาพกับผู้สูงอายุและผู้ดูแล 2) การประเมินเกี่ยวกับภาวะโภชนาการผู้สูงอายุ 3) ประเมินแบบแผนการรับประทานอาหารและภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุ 4) ให้ความรู้เกี่ยวกับอาหารสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับและผู้ดูแล 5) มอบคู่มือ	- โมเดลอาหารแลกเปลี่ยน - คู่มือการส่งเสริมภาวะโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดงและผู้ดูแล - สื่อวีดิทัศน์สอนการออกกำลังสำหรับผู้สูงอายุ	30–45
2	วันที่ 2 ของการเข้ารับการรักษา (วันที่ผู้สูงอายุไปทำทีเอซีอี)	**กิจกรรมครั้งที่ 2 สานต่อความรู้** ทบทวนความรู้และเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยและให้กำลังใจ		10–15
3	วันที่ 3 (วันจำหน่าย)	**กิจกรรมครั้งที่ 3 ทบทวนความรู้สู่การนำใช้** ทบทวนความรู้ เปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยและนัดหมายวันและเวลาที่ผู้สูงอายุสะดวก เพื่อติดตามการดูแลตนเองด้านโภชนาการทางโทรศัพท์ 3 ครั้ง		15–20
4	ภายหลังจำหน่าย 1 สัปดาห์	**กิจกรรมครั้งที่ 4 ติดตามทางโทรศัพท์ครั้งที่ 1** ผู้วิจัยติดตามทางโทรศัพท์ ครั้งที่ 1 พูดคุยสอบถามการดู		5–10

ครั้งที่	วันที่	กิจกรรม	สื่อ	เวลา (นาที)
	(สัปดาห์ที่ 1)	แลตนเองพร้อมทั้งสอบถามปัญหา อุปสรรคและความต้องการและให้กำลังใจ		
5	ภายหลังจำหน่าย 2 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 3)	**กิจกรรมครั้งที่ 5 ติดตามทางโทรศัพท์ครั้งที่ 2** ผู้วิจัยติดตามทางโทรศัพท์ ครั้งที่ 2 พูดคุยสอบถามการดูแลตนเองพร้อมทั้งสอบถามปัญหา อุปสรรคและความต้องการและให้กำลังใจ		5–10
6	สัปดาห์ที่ 4	**กิจกรรมครั้งที่ 6 ติดตามทางโทรศัพท์ครั้งที่ 3** ผู้วิจัยติดตามทางโทรศัพท์ ครั้งที่ 3 พูดคุยสอบถามการดูแลตนเองพร้อมทั้งสอบถามปัญหา อุปสรรคและความต้องการและให้กำลังใจ		5–10

3. ผลการประเมินความเป็นไปได้ของสื่อและโปรแกรมโดยอาสาสมัคร

3.1 การประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการ คู่มือการส่งเสริมภาวะโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุมะเร็งตับที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดงและผู้ดูแล และสื่อวีดิทัศน์การออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการ คู่มือ และสื่อวีดิทัศน์

เครื่องมือ	$S-CVI = \frac{\text{จำนวนข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านประเมินความเกี่ยวข้องในระดับ 3 หรือ 4}}{\text{จำนวนข้อคำถามทั้งหมด}}$
1) โปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการ	1
2) คู่มือ	0.83
3) สื่อวีดิทัศน์	0.61

3.2 ผลการประเมินความเป็นไปได้ในการนำโปรแกรมไปใช้

ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมไปใช้กับผู้สูงอายุที่ได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง จำนวน 5 ราย ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย(ร้อยละ 60) ดัชนีมวลกายอยู่ในระดับน้ำหนักเกินมาตรฐาน (ร้อยละ 60) ส่วนใหญ่เป็นวัยผู้สูงอายุตอนต้น(ร้อยละ 80) การศึกษาระดับประถมศึกษา(ร้อยละ 80) รองลงมาคือระดับปริญญาตรี(ร้อยละ 20) อาชีพเกษตรกร(ร้อยละ 80) และข้าราชการบำนาญ (ร้อยละ 20) มีรายได้จากเบี้ยผู้สูงอายุและบุตรหลาน(ร้อยละ 80) ทุกคนอาศัยอยู่กับสมาชิกในครอบครัว(ร้อยละ 100) ผู้ดูแลเป็นคู่สมรสและบุตรหลาน(ร้อยละ 100) ส่วนใหญ่ประกอบอาหารรับประทานเอง(ร้อยละ 20) หรือมีผู้ดูแลหรือสมาชิกในครอบครัวทำอาหารให้รับประทาน(ร้อยละ 80) ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการรับประทานอาหาร 3 มื้อต่อวัน(ร้อยละ 100) ไม่มี

อาหารว่างของมื้อก่อนนอน(ร้อยละ 100) รับประทานอาหารเน้นโปรตีน(ร้อยละ 60) ได้แก่ ไข่ ปลา เนื้อไม่ติดมัน งดอาหารสุกๆดิบๆ(ร้อยละ 100) อาหารหมักดอง(ร้อยละ 80) งดแอลกอฮอล์(ร้อยละ 100) ยังมีกิจกรรมทางกาย (ร้อยละ 40) เช่น กวาดบ้าน ทำสวน รดน้ำต้นไม้ เป็นต้น ส่วนใหญ่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ (ร้อยละ 80)

จากการประเมินภาวะสุขภาพ พบว่า ผู้สูงอายุทุกคนมีความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันได้ด้วยตนเอง ส่วนใหญ่มีโรคเรื้อรัง และสามารถจัดยารับประทานได้เอง มาพบแพทย์ตามนัดทุกครั้ง และรับการรักษาต่อเนื่อง โดยแต่ละรายให้ข้อคิดเห็นต่อสื่อและโปรแกรมไว้ ดังนี้

รายที่ 1 ให้ข้อคิดเห็นต่อคู่มือไว้ว่า พกพาสะดวก สามารถนำกลับไปอ่านที่บ้านได้ สื่อวีดิทัศน์บรรยายน่าสนใจ สีและรูปภาพสวย ทำให้น่าสนใจฟัง

รายที่ 2 ให้ข้อคิดเห็นต่อคู่มือไว้ว่า สื่อน่าสนใจ น่าอ่าน เหมาะกับผู้สูงอายุ สื่อวีดิทัศน์บรรยาย ตัวหนังสือชัด อ่านออก มีภาพประกอบทำให้เข้าใจมากขึ้น

รายที่ 3 ให้ข้อคิดเห็นต่อคู่มือไว้ว่า ตัวหนังสืออ่านออก สวยน่าสนใจ สื่อวีดิทัศน์บรรยาย ภาพชัดทำให้เห็นภาพ เข้าใจได้ง่ายขึ้นและเป็นท่าการออกกำลังกายง่ายๆที่ผู้สูงอายุนำกลับไปปฏิบัติที่บ้านได้

รายที่ 4 ให้ข้อคิดเห็นต่อคู่มือไว้ว่า ขอบคุณที่ทำคู่มือให้ผู้ป่วยได้อ่าน และนำไปปฏิบัติได้จริง สื่อวีดิทัศน์บรรยาย ตัวหนังสือชัด อ่านออก

รายที่ 5 ให้ข้อคิดเห็นต่อคู่มือไว้ว่า ควรมี QR code ในสมุดพกพา เมื่อกลับบ้านจะให้ลูกหลานสแกนเพื่อเปิดให้ดูในโทรศัพท์ได้ สื่อวิดิทัศน์บรรยาย น่าสนใจ สามารถทำตามคลิปได้

และคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการก่อนและหลังได้รับโปรแกรม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการ

อาสาสมัคร	คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการ	
	ก่อนได้รับโปรแกรม	หลังได้รับโปรแกรมครบ 4 สัปดาห์
รายที่ 1	2.50	3.72
รายที่ 2	4.09	4.50
รายที่ 3	3.95	4.36
รายที่ 4	2.90	3.90
รายที่ 5	3.00	4.00

วิจารณ์และสรุปผล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาและทดสอบความเป็นไปได้ของโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดง พบว่า โปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 1 แสดงถึงโปรแกรมมีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) สูงสุดและสมบูรณ์ และจากการการประเมินความเป็นไปได้ในการนำโปรแกรมไปใช้ พบว่าผู้สูงอายุมะเร็งตับมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการสูงกว่าก่อนได้รับโปรแกรม สอดคล้องกับการศึกษาของ ลัคนา กองเมือง เบญญพร บรรณสาร และศิริลักษณ์ กิจศรีไพศาล (2565) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการและภาวะโภชนาการในผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และทวารหนักที่ได้รับยาเคมี

บำบัด โดยใช้แนวคิดการสนับสนุนและให้ความรู้ของโอเร็มมาประยุกต์ใช้ ระยะเวลาของโปรแกรม 4 สัปดาห์ ผลการศึกษา พบว่า ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมการสนับสนุนและให้ความรู้ กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในวันที่ 14 และวันที่ 28 สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p= .03) และ (p<.001) ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะต่อการศึกษาครั้งนี้ คือ 1) ควรศึกษาผลของโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้การดูแลตนเองด้านโภชนาการต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านโภชนาการในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยมะเร็งตับและได้รับการรักษาด้วยเคมีบำบัดทางหลอดเลือดแดงต่อไป 3) ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลของโปรมแกรมต่อการลดภาวะทุพโภชนาการหรือผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับภาวะโภชนาการต่อไป ดังเช่นการศึกษาของ อณีรัตน์ วงค์สวัสดิ์โสต สุธิสา เต็มทับ และสุกัลญา พรหมาด (2564) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อการดูแลตนเองด้านอาหารและค่าอัลบูมินในเลือดของผู้ป่วยมะเร็งตับผลการศึกษา พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยการดูแลตนเองด้านอาหารภายหลังได้รับโปรแกรมฯของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t= −12.95, p<0.001) และ3) ควรมีการพัฒนาโปรแกรมต่อไปด้วยแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนผู้สูงอายุ ซึ่งมีอิทธิพลต่อผู้สูงอายุในปัจจุบัน ที่สามารถให้คำปรึกษา หรือมีความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุได้ (ศุภรัตน์ แก้วเสริม, 2565)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มอบทุนสนับสนุนในการพัฒนานวัตกรรม ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลศรีนครินทร์ หอผู้ป่วยที่อนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล ตลอดจนผู้สูงอายุมะเร็งตับที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ทิพวรรณ เทียมแสน ปรียาภรณ์ วรรคตอน และ วรรณี นันไชย (2564). ผลของการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อความสามารถในการดูแลตนเองและคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่ได้รับเคมีบำบัด. วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้, 11(1), 1–14.

ลัคนา กองเมือง, เบญญพร บรรณสาร และศิริลักษณ์ กิจศรีไพศาล. (2565). ผลของโปรแกรมการสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการดูแลตนเอง ด้านโภชนาการและภาวะโภชนาการในผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ และทวารหนักที่ได้รับยาเคมีบำบัด. วารสารพยาบาลทหารบก, 23(1), 361–370.

สุธิสา เต็มทับ และประณีต ส่งวัฒนา. (2566). การส่งเสริการดูแลตนเองด้านอาหารสำหรับผู้ป่วยมะเร็งตับที่เข้ารับการรักษาด้วยวิธีฉีดยาเคมีบำบัดเข้าก้อนมะเร็งตับเฉพาะที่. วารสารสภาการพยาบาล, 38(1), 5–20.

ศุภรัตน์ แก้วเสริม.(2565). การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการดูแลผู้สูงอายุบนสมาร์ทโฟน. วารสารวิจัยวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 6(2), 44–59.

อณีรัตน์ วงค์สวัสดิ์โสต, สุธิสา เต็มทับ และ สุกัลญา พรหมาด. (2564). ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อการดูแลตนเองด้านอาหารและค่าอัลบูมินในเลือดของผู้ป่วยมะเร็งตับ. วารสารการปฏิบัติการพยาบาลและการผดุงครรภ์ไทย, 8(2), 72–86.

Arora, S. P., Liposits, G., Caird, S., Dunne, R. F., Taylor, G., Okonji, D., Rodriquenz, M. G., Dua, D., & Dotan, E. (2021). review by Young International Society of Geriatric Oncology. 11(4), 557–565.

Arends, J., Baracos, V., Bertz, H., Bozzetti, F., Calder, P. C., Deutz, N. E. P., Erickson, N., Laviano, A., Lisanti, M. P., Lobo, D. N., McMillan, D. C., Muscaritoli, M., Ockenga, J., Pirlich, M., Strasser, F., de van der

Schueren, M., Van Gossum, A., Vaupel, P., & Weimann, A. (2017). ESPEN expert group recommendations for action against cancer–related malnutrition. Clinical Nutrition. 36(5), 1187–1196.

Berbiglia, V. A., & Banfield, B. (2014). Nursing theorists and their work. In M. R. Alligood (Ed.), Dorothea E. Orem: Self–care deficit theory of nursing (8th ed.). St. Louis: Elsevier; p. 240–257.

Blackburn, H., & West, S. (2016). Management of postembolization syndrome following hepatic transarterial chemoembolization for primary or metastatic liver cancer. Cancer Nursing. 39(5), E1–E18. https://doi.org/10.1097/NCC.0000000000000302

Cabrera, R., & Nelson, D. R. (2010). The management of hepatocellular carcinoma. Alimentary pharmacology & therapeutics. 31(4), 461–476.

Cho E, Cho HA, Jun CH, Kim HJ, Cho SB, Choi SK. (2019). A review of hepatocellular carcinoma in elderly patients focused on management and outcomes. In Vivo. 33(5), 1411–1420.

Deng, J., He, J. J., Xie, L. P., Zheng, Q. W., Wu, S. L., & Shao, H. Y. (2021). Comprehensive nutritional index for predicting overall survival in hepatocellular carcinoma patients after multiple transarterial chemoembolization. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 30(1), 7–14. https://doi.org/10.6133/apjcn.202103_30(1).0002

Díaz–González, Á., Reig, M., & Bruix, J. (2016). Treatment of Hepatocellular Carcinoma. Digestive Diseases. 34(5), 597–602.

Elsebaie, E. M., Abdel–Fattah, A. N., Bakr, N. A., Attalah, K. M., & Aweas, A. H. A. (2023). Principles of Nutritional Management in Patients with Liver Dysfunction—A Narrative Review. Livers. 3(2), 190–218.

Merli, M., Berzigotti, A., Zelber–Sagi, S., Dasarathy, S., Montagnese, S., Genton, L., Plauth, M., & Parés, A. (2019). EASL Clinical Practice Guidelines on nutrition in chronic liver disease. Journal of Hepatology. 70(1), 172–193.

Rakhshani, T., Najafi, S., Javady, F., Taghian dasht bozorg, A., Mohammadkhah, F., & Khani Jeihooni, A. (2022). The effect of Orem–based self–care education on improving self–care ability of patients undergoing chemotherapy: a randomized clinical trial. *BMC Cancer*, *22*(1), 1–9.

Sidiq T, K. N. (2015). Nutrition as a Part of Therapy in the Treatment of Liver Cirrhosis. Journal of Nutrition & Food Sciences 5: 004. doi: 10.4172/2155–9600.1000S11004

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. CA: A Cancer Journal for Clinicians. 71(3), 209–249. United Nation [อินเตอร์เน็ต]. 2568; สืบค้นข้อมูลเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2568. ได้จาก: https://sdgs.un.org/goals/goal2

World Health Organization (WHO). (2024). Physical activity. Retrieved January 25, 2025, from https://www.who.int/news–room/fact–sheets/detail/physical–activity

Yang JD, Altekruse SF, Nguyen MH, Gores GJ, Roberts LR. Impact of country of birth on age at the time of diagnosis of hepatocellular carcinoma in the United States. (2017). Cancer. 123(1), 81–89.

การรับรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัดในโรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่ง

Nurses' perception of oral mucositis prevention and management in older adults with head and neck cancer receiving radiotherapy and chemoradiotherapy at a Tertiary Hospital

กรกนก คืนดี[1*] สุทธินันท์ สุบินดี[2] และ สุภาวดี เที่ยงธรรม[3]

Kornkanok Kuendee[1*], Suttinan Subindee[2] and Supavadee Thiengtham[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนการพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลทางคลินิกเพื่อป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด ตามแนวคิดของไอโอวาโมเดล ขั้นตอนที่ 1 เพื่อค้นหาปัญหาและโอกาสในการพัฒนาแนวปฏิบัติที่เหมาะสม กลุ่มตัวอย่างคือพยาบาลวิชาชีพประจำหอผู้ป่วย จำนวน 11 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกใน 8 ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่าพยาบาลรับรู้ถึงความสำคัญของการดูแลสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอจากการเปลี่ยนแปลงและความเสื่อมของร่างกาย รับรู้ว่าการป้องกันเพื่อชะลอการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบเป็นสิ่งสำคัญ รวมทั้งรับรู้ถึงความแตกต่างของสาเหตุและปัจจัยเสี่ยงระหว่างผู้สูงอายุและวัยผู้ใหญ่ พยาบาลเห็นว่าการดูแลควรมีความเฉพาะเจาะจงสำหรับผู้สูงอายุ และแนวปฏิบัติการพยาบาลที่เหมาะสมควรครอบคลุมการประเมิน การให้ความรู้แก่ผู้สูงอายุและญาติ และการดูแลตามระดับความรุนแรงของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ

ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นฐานความรู้สำคัญในการพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลทางคลินิกที่มีความเหมาะสม เพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด

คำสำคัญ: การรับรู้ของพยาบาล, ภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ, ผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ, รังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการพยาบาลเวชปฏิบัติผู้สูงอายุ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

[2] อาจารย์ ดร. สาขาวิชาการพยาบาลผู้สูงอายุ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

[1] A Master's student in Gerontological Nurse Practitioner Program, Faculty of Nursing, Khon Kaen University. 40002

[2] Ph.D., Lecture in Gerontological Nursing Program, Faculty of Nursing, Khon Kaen University, 40002

*Corresponding author: kornku@kkumail.com

Abstract

This study employed a qualitative descriptive design and constituted an initial step in developing a clinical nursing practice guideline to prevent and alleviate oral mucositis in older adults with head and neck cancer receiving radiotherapy or concurrent chemoradiotherapy. Guided by the Iowa Model of Evidence-Based Practice, this first phase aimed to identify existing problems and opportunities for improvement to inform the development of an appropriate clinical nursing practice guideline. The participants were 11 registered nurses working on inpatient units. Data were collected through in-depth interviews covering eight topics related to oral mucositis in older adults and analyzed using content analysis. The findings showed that nurses recognized the importance of oral health care in older adults with head and neck cancer due to age-related physiological changes and functional declines. They believed that preventative strategies to delay the onset of oral mucositis were essential and acknowledged differences in etiologies and risk factors between older and younger adults. Nurses emphasized that care should be specifically tailored for older adults and that an appropriate clinical nursing practice guideline should comprehensively address oral mucositis assessment, education for older adults and their caregivers, and management strategies based on the severity of oral mucositis.

These findings provided a crucial knowledge base for developing a tailored clinical nursing practice guideline to improve the quality of life for older adults undergoing radiotherapy or concurrent chemoradiotherapy.

Keywords: Nurse perception, Oral mucositis, Older adults with head and neck cancer, Radiotherapy and chemoradiotherapy

บทนำ

มะเร็งศีรษะและลำคอ (Head and Neck Cancer: HNC) เป็นมะเร็งที่เกิดขึ้นที่เซลล์สความัสที่เรียงรายอยู่บนพื้นผิวของเยื่อบุของศีรษะและลำคอ (Chow, 2020; Son et al., 2018) อุบัติการณ์โดยรวมของโรคมะเร็งศีรษะและลำคอเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 2011 – 2020 ปัจจุบันพบมากเป็นอันดับ 6 ของมะเร็งทั้งหมดทั่วโลก และคาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ต่อปีภายในปี 2030 (Johnson et al., 2020; Sung et al., 2021) โดยผู้ป่วยมะเร็งชนิดนี้มักเป็นผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 70 ปีขึ้นไป โดยคิดเป็นประมาณร้อยละ 30 ของผู้ป่วยทั้งหมด (Dickstein et al., 2022) ซึ่งสอดคล้องกับอุบัติการณ์ในประเทศไทย จากการรายงานโดยสถาบันมะเร็งแห่งชาติประเทศไทยพบว่าโรคมะเร็งศีรษะและลำคอเป็นมะเร็งที่พบมากเป็นอันดับ 6 ของประเทศ และพบมากในช่วงอายุมากกว่า 60 ปี ขึ้นไป โดยระยะที่พบมากที่สุดคือ มะเร็งระยะที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นมะเร็งระยะลุกลาม (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, 2567)

แนวทางการรักษามะเร็งศีรษะและลำคอสำหรับผู้สูงอายุมักใช้การรักษาร่วมกันหลายวิธี เช่น การใช้เคมีบำบัดร่วมกับการฉายรังสี (Chemoradiotherapy: CRT) หรือ รังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด (Concurrent Chemoradiation: CCRT) ซึ่งได้ผลอย่างมากในผู้ป่วยอายุต่ำกว่า 70 ปี (Fasano et al., 2022) แต่ผู้ที่มีอายุมากกว่า 70 ปี จะเกิดผลข้างเคียงที่มากกว่าผู้ป่วยกลุ่มวัยอื่น เช่น การเปลี่ยนแปลงของผิวหนังจากการฉายรังสี ภาวะน้ำลายแห้ง การเคี้ยวกลืนลำบาก การรับรสชาติที่ลดลง ความเจ็บปวด และการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ (Dickstein et al., 2022) ประกอบกับเมื่ออายุมากขึ้น ร่างกายจะเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลายประการ เช่น เยื่อบุช่องปากบางลง การเปลี่ยนแปลงด้านการรับรู้และความคิด และระบบภูมิคุ้มกันที่อ่อนแอลง ทำให้ฟื้นตัวช้าและเกิดผลข้างเคียงมากขึ้น (Lamster et al., 2016; Dickstein et al., 2023) ทำให้เกิดผลข้างเคียงที่พบมากที่สุดจากการรักษาด้วยเคมี

บำบัดและการฉายรังสีบริเวณศีรษะและคอ คือภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ (Oral mucositis: OM) โดยพบอุบัติการณ์ร้อยละ 60 – 100 (Lorini et al., 2022; Li et al., 2023) ซึ่งเป็นการตอบสนองแบบเฉียบพลัน (Abdalla-Aslan et al., 2024) ทำให้เกิดความเสียหายในช่องปาก ส่งผลให้เซลล์เยื่อบุเสียหายและมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของเซลล์ เพิ่มความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ เกิดผลข้างเคียงอื่นๆตามมา และมีแนวโน้มที่จะต้องหยุดการรักษาหรือปรับลดขนาดเคมีบำบัด (Al-Rudayni et al., 2020; Elad et al., 2022; Lamster et al., 2016; Qamar et al., 2024)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ นอกจากปัจจัยด้านวิธีการรักษาเป็นหลักแล้ว ยังพบว่าปริมาณรังสีรวมที่ได้รับ ความเข้มข้นของเคมีบำบัด ส่วนปัจจัยด้านผู้ป่วย เช่น ประวัติการสูบบุหรี่ สุขอนามัยช่องปากที่ไม่ดี การสร้างน้ำลายในช่องปากลดลง (Maria et al., 2017; Lorini et al., 2022; Chen et al., 2021) ซึ่งผู้สูงอายุมีกระบวนการสร้างน้ำลายลดลงและกระบวนการหายของแผลที่ช้าจากการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการชรา เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบรุนแรงขึ้น (Maria et al., 2017; Çakmak & Nural, 2019; Martins et al., 2024; Lorini et al., 2022) ทำให้ต้องหยุดพักการรักษา และส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มผู้สูงอายุมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับการรักษาต่อเนื่องกับกลุ่มที่ต้องหยุดพัก พบการรอดชีวิต ร้อยละ 70.1 ที่ 3 ปี ส่วนกลุ่มที่ต้องหยุดพักการรักษาพบการรอดชีวิต ร้อยละ 62.5 ที่ 3 ปี (Dickstein et al., 2021)

ผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ นอกจากต้องหยุดพักการรักษาซึ่งส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตที่ลดลงแล้ว ยังพบว่ามีผลกระทบต่อด้านร่างกาย เช่น บางรายอาจเกิดภาวะทุพโภชนาการ จึงต้องจัดการอาการด้วยการใส่สายยางให้อาหารทั้งทางจมูกหรือทางปาก หรือผ่าตัดใส่สายยางให้อาหารทางกระเพาะอาหาร (Kamulegeya et al., 2021) ด้านจิตใจ ผู้สูงอายุมักจะรู้สึกวิตกกังวลและซึมเศร้า ด้านสังคม ผู้สูงอายุอาจมีการสื่อสารที่ลดลงหรือการสื่อสารลำบาก ทำให้รู้สึกโดดเดี่ยวและขาดการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้าง ด้านเศรษฐกิจ เช่น การปรับเปลี่ยนโภชนาการ ค่ายา ค่ารักษาพยาบาล (Shetty et al., 2022) รวมไปถึงผลกระทบต่อผู้ดูแล ซึ่งผู้ดูแลมักจะเผชิญกับความเครียดเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องจัดการกับความเจ็บปวดของผู้สูงอายุ การช่วยในการดูแลสุขภาพ เช่น การเตรียมอาหารที่เหมาะสมหรือช่วยในการสื่อสาร ผู้ดูแลอาจต้องเผชิญกับปัญหาเศรษฐกิจเพิ่มเติม เช่น ค่ารักษาพยาบาล รวมถึงค่าเดินทางไปโรงพยาบาลหรือคลินิก สร้างภาระให้กับผู้ดูแลได้ (Al-Rudayni et al., 2020; Qamar et al., 2024)

พยาบาลเป็นบุคคลที่สำคัญในป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ เนื่องเป็นผู้ดูแลผู้ป่วยใกล้ชิดตลอดเวลาขณะเข้ารับการรักษา จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวปฏิบัติทางการพยาบาลของประเทศไทยที่ผ่านมาพบว่า การป้องกันและบรรเทาอาการเยื่อบุช่องปากอักเสบของผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและเคมีบำบัด พบมีการศึกษาค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในวัยผู้ใหญ่ แนวปฏิบัติสำหรับผู้สูงอายุที่พบล่าสุด คือ การศึกษาของกาญจนา หล้าบา (2555) ด้วยภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุดำเนินไปอย่างรวดเร็วและรุนแรง การฟื้นหายของแผลช้า ส่งผลทั้งด้านสุขภาพร่างกาย สภาวะจิตใจ ความสัมพันธ์ทางสังคมและความเป็นอยู่ทางเศรษฐกิจ และทำให้ต้องหยุดพักการรักษา ส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตลดลง (Dickstein et al., 2021) ในหอผู้ป่วยเฉพาะทางด้านมะเร็งซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา ยังไม่มีแนวปฏิบัติทางการพยาบาลทางคลินิกที่เฉพาะเจาะจงในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาอาการเยื่อบุช่องปากอักเสบที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและเคมีบำบัด

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าแนวคิดการพัฒนาแนวปฏิบัติโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ของ ไอโอวา โมเดล (Iowa Model) (Dusin et al., 2023) ถูกนำใช้อย่างแพร่หลาย มีการปรับปรุงแบบจำลองนี้โดย The University of Iowa Hospitals and Clinics ในปี ค.ศ. 2015 เป็นการพัฒนาแนวปฏิบัติโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อส่งเสริมความเป็นเลิศในการดูแลสุขภาพ (The Iowa Model Revised: Evidence-Based Practice to Promote Excellence in Health Care) (Buckwalter et al., 2017) ซึ่งมีกระบวนการทั้งหมด 7 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา/โอกาสในการพัฒนา 2) การระบุคำถามหรือวัตถุประสงค์ 3) การจัดตั้งทีม 4) การรวบรวม ประเมิน และสังเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์ 5) พัฒนาแนวปฏิบัตินำร่อง นำแนวปฏิบัตินำร่องไปทดลองใช้ และประเมินผล 6) บูรณาการนำแนวปฏิบัติไปใช้ และ 7) เผยแพร่ผลของแนวปฏิบัติ ซึ่งไอโอวาโมเดลเน้นการให้ผู้ป่วยเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาแนวปฏิบัติ ทั้งด้านปัญหาและความต้องการ ไปจนถึงกระบวนการให้ข้อเสนอแนะปรับปรุง ผู้วิจัยจึงนำมาเป็นแนวทางในการศึกษาครั้งนี้ โดยเป็นการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 ของไอโอวาโมเดล คือ เป็นการระบุปัญหา/โอกาสในการพัฒนา ซึ่งเป็นการประเมินการรับรู้เกี่ยวกับภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบและแนวทางการพยาบาลในการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัดของพยาบาล จะเป็นแนวทางในการพัฒนาแนวปฏิบัติที่เหมาะสมต่อผู้สูงอายุและผู้ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเฉพาะทางด้านมะเร็งต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

ศึกษาการรับรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด

กรอบแนวคิด

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาการรับรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้กรอบแนวคิดของไอโอวาโมเดลฉบับปรับปรุง (The Iowa Model Revised) (Buckwalter et al., 2017) ศึกษาเฉพาะในขั้นตอนที่ 1 ของไอโอวาโมเดล เป็นการประเมินการรับรู้เกี่ยวกับประเด็น 1) ความสำคัญในการดูแลสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ 2) การป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุ 3) สาเหตุและปัจจัยของการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ 4) ผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ 5) การประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบและการติดตามประเมินผลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ 6) การพยาบาลเพื่อป้องกันการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ 7) การพยาบาลเพื่อบรรเทาอาการภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ และ 8) แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ เพื่อค้นหาปัญหาและโอกาสในการพัฒนาในด้านผู้ให้บริการเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุกลุ่มนี้

ขั้นตอนที่ 1 ของไอโอวาโมเดล การระบุปัญหา/โอกาสในการพัฒนา

ประเมินการรับรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด

ประเมินการรับรู้เกี่ยวกับประเด็น

1) ความสำคัญในการดูแลสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ
2) การป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุ
3) สาเหตุและปัจจัยของการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ
4) ผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ
5) การประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบและการติดตามประเมินผลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ
6) การพยาบาลเพื่อป้องกันผู้ป่วยที่เกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ
7) การพยาบาลเพื่อบรรเทาผู้ป่วยที่เกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ
8) แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ

วิธีวิทยาการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาเชิงคุณภาพ (Qualitative Descriptive Study) เป็นการออกแบบที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างข้อมูลเกี่ยวกับประสบการณ์หรือเหตุการณ์จากมุมมองของกลุ่มตัวอย่าง ทำให้ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างใกล้ชิดและเข้าใจปรากฏการณ์ได้อย่างครอบคลุมโดยไม่จำเป็นต้องมุ่งเน้นไปที่การศึกษาประสบการณ์ชีวิตหรือวัฒนธรรม หรือการพัฒนาทฤษฎี (Villamin et al., 2024) เพื่อศึกษาการรับรู้ของพยาบาลเพื่อป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างพยาบาล จึงใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 11 ราย (ในจำนวนนี้ไม่รวมหัวหน้าหอผู้ป่วยและผู้วิจัย) ซึ่งจำนวนนี้เป็นจำนวนพยาบาลทั้งหมดที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเฉพาะทางด้านมะเร็ง ณ โรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่ง

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่โครงการ (Inclusion criteria)

1) พยาบาลทั้งหมดที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเฉพาะทางด้านมะเร็ง ณ โรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่ง ที่ขึ้นปฏิบัติงานเวร เช้า-บ่าย-ดึก (ไม่รวมหัวหน้าหอผู้ป่วยและผู้วิจัย)

2) อายุงาน 6 เดือนขึ้นไป

3) ยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย

เกณฑ์การนำกลุ่มตัวอย่างออกจากการทดลอง (Withdrawal of participant criteria)

1) ย้ายไปทำงานแผนกอื่นระหว่างการนำแนวปฏิบัตินำร่องไปศึกษา

เนื่องจากเป็นการสัมภาษณ์เพื่อนำไปพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลทางคลินิกในหอผู้ป่วย จึงต้องสัมภาษณ์พยาบาลทั้งหมดในหอผู้ป่วย เพื่อให้ได้ประเด็นปัญหาและโอกาสในการพัฒนาต่อ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์การดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับยาเคมีบำบัดของพยาบาลวิชาชีพเป็นแบบสอบถามไม่มีโครงสร้าง ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลของพยาบาล จำนวน 5 ข้อ ประกอบไปด้วย 1) อายุ 2) ระดับการศึกษา 3) อายุงาน 4) ประสบการณ์การดูแลผู้ป่วยมะเร็ง และ 5) ประวัติการได้รับการอบรมหรือการได้รับความรู้เกี่ยวกับภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ และส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์การรับรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับการดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับยาเคมีบำบัด โดยมีข้อคำถามทั้งหมด 14 ข้อ ในประเด็นเกี่ยวกับ 1) ความสำคัญในการดูแลสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ 2) การป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุ 3) สาเหตุและปัจจัยของการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ 4) ผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ 5) การประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบและการติดตามประเมินผลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ 6) การพยาบาลเพื่อป้องกันการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ 7) การพยาบาลเพื่อบรรเทาอาการภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ และ 8) แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ

3. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

แบบสัมภาษณ์การดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับยาเคมีบำบัดของพยาบาลวิชาชีพ ผู้วิจัยนำไปตรวจสอบความตรงของเนื้อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) (Rovinelli & Hambleton, 1977) จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์พยาบาลด้านผู้สูงอายุ 2 ท่าน พยาบาลชำนาญการในหอผู้ป่วยมะเร็ง 1 ท่าน ผู้วิจัยทำการคำนวณดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) โดยเกณฑ์ยอมรับค่า IOC คือ ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมและการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่โครงการ HE681269 ณ วันที่ 27 มิถุนายน 2568 เพื่อศึกษาการรับรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบและแนวทางการพยาบาลในการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด มีวิธีดำเนินการดังนี้

4.1 แต่งตั้งผู้ช่วยวิจัย 1 คน โดยเป็นพยาบาลวิชาชีพที่ผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ปฏิบัติงานที่หอผู้ป่วยอื่น

4.2 ผู้วิจัยคัดเลือกพยาบาลกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีเจาะจง (Purposive sampling) จำนวนทั้งหมด 11 รายในหอผู้ป่วย ไม่รวมผู้วิจัยและหัวหน้าหอผู้ป่วย โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ คือ

4.2.1 ผู้วิจัยชี้แจงให้พยาบาลในหอผู้ป่วย ทราบวัตถุประสงค์ของการวิจัยและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย วิธีรวบรวมข้อมูล และระยะเวลาในการทำวิจัย กรณียินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยการสมัครใจจะให้ผู้ช่วยวิจัยช่วยดำเนินการในขั้นตอนลงนามเข้าร่วมการศึกษา และนัดสัมภาษณ์ในช่วงเวลาที่กลุ่มตัวอย่างสะดวก โดยทำในสถานที่ปิดมิดชิดเป็นส่วนตัว

4.2.2 ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยใช้แบบสัมภาษณ์การดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับยาเคมีบำบัดของพยาบาลวิชาชีพ ณ หอผู้ป่วย หรือสถานที่ที่กลุ่มตัวอย่างสะดวกและเป็นส่วนตัว สัมภาษณ์ 1 – 2 ครั้ง เป็นเวลาครั้งละ 15 – 20 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์การดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับยาเคมีบำบัดของพยาบาลวิชาชีพ ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน

1) ข้อมูลส่วนบุคคลของพยาบาลวิชาชีพ วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด (minimum and maximum values)

2) ข้อมูลการสัมภาษณ์พยาบาล ผู้วิจัยจะดำเนินการสรุปประเด็นการสัมภาษณ์และใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis)

6. การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยในมนุษย์ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยได้รับการอนุมัติจากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมและการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่โครงการ HE681269 ณ วันที่ 27 มิถุนายน 2568 ผู้วิจัยจะคำนึงถึงหลักจริยธรรม 3 ประการ ทุกขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย ได้แก่ หลักความเคารพในบุคคล (Respect for person) หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) และหลักความยุติธรรม (Justice) อย่างเคร่งครัด

ผลการศึกษา

ผลการวิจัยครั้งนี้ ได้จากการสัมภาษณ์พยาบาลวิชาชีพ จำนวนทั้งหมด 11 คน โดยเป็นเพศหญิง ร้อยละ 100 อายุเฉลี่ย 33 ปี (23-43, SD=6.899) อายุงานเฉลี่ย 10.18 ปี (1-19, SD=6.735) ประสบการณ์การดูแลผู้ป่วยมะเร็งเฉลี่ย 10.91 ปี (1-19, SD=6.935) ระดับการศึกษา ปริญญาตรีร้อยละ 81.8 ปริญญาโทร้อยละ 18.2

จากข้อมูลที่ได้ตามการรับรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบและแนวทางการพยาบาลในการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด ซึ่งผู้ให้ข้อมูลกล่าวว่า

1. ความสำคัญในการดูแลสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ

พยาบาลรับรู้ถึงความสำคัญในการดูแลสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุ เนื่องจาก ผู้สูงอายุมีความเสื่อมของร่างกายตามอายุ การสร้างน้ำลายที่ลดลง มีเนื้อเยื่อที่บอบบาง มีภูมิคุ้มกันต่ำ การดูแลสุขภาพช่องปากจะช่วยลดผลกระทบ ได้แก่ การเกิดเชื้อรา การเบื่ออาหารหรือการกลืนอาหารลำบาก ลดความรุนแรงของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ ลดการรักษาเพิ่มเติมและลดระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาล ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"ภาวะสุขภาพช่องปากมีความสำคัญ ถ้าเราดูแลไม่ดี ก็เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค สามารถทำให้ติดเชื้อในระบบต่างๆได้ เช่น ทางเดินหายใจ ลงปอด ถ้ายิ่งผู้สูงอายุก็อาจจะติดเชื้อได้ง่ายขึ้น ทำให้ต้องรักษาเพิ่มและนอนโรงพยาบาลนานขึ้น" [N4]

"ผู้สูงอายุอวัยวะต่างๆฝ่อไปตามอายุ ต่อมน้ำลายก็สร้างน้อย ... ถ้าดูแลช่องปากไม่ดีก็จะทำให้เกิดเชื้อรา เบื่ออาหาร กลืนลำบาก ทุพโภชนาการ.... นอนโรงพยาบาลนาน ... แล้วก็ทำให้เกิดภาวะเยื่อบุช่องปากที่รุนแรงมากขึ้นด้วย" [N5]

"ผู้สูงอายุ ภูมิคุ้มกันร่างกายต่ำ แล้วเยื่อบุช่องปากก็จะบอบบาง การฟื้นหายมันจะช้า ... ผลกระทบจากสุขภาพช่องปากไม่ดี ก็อาจจะทำให้เกิดการติดเชื้อ เชื้อรา กินข้าวได้น้อย ไม่อร่อย" [N6]

"การที่เราดูแล oral hygiene care ดี จะช่วยลดการติดเชื้อในช่องปาก ... แล้วถ้าผู้ป่วยที่มีภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบแล้วยิ่งไม่ mouth care ก็จะยิ่งทำให้ภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบมันรุนแรงขึ้น" [N9]

2. การป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุ

พยาบาลรับรู้ว่าการป้องกันภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบมีความสำคัญ โดยการป้องกันที่ดีที่สุดคือการทำให้ภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบเกิดช้าที่สุด และการบรรเทาอาการเยื่อบุช่องปากอักเสบนั้นควรมีความเฉพาะเจาะจงในผู้สูงอายุ มีการให้ข้อมูลที่ถูกต้อง เพื่อลดระดับความรุนแรง และช่วยให้ผู้สูงอายุไม่ทุกข์ทรมาน ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"ผู้ป่วยสูงอายุจะมีเนื้อเยื่อในช่องปากบอบบาง ซึ่งเป็นปัจจัยด้านร่างกาย การดูแลจึงคิดว่าควรมีการดูแลที่เฉพาะเจาะจงกว่าผู้ป่วยทั่วไป" [N4]

"การป้องกันที่ดีที่สุดคือทำให้มันเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบช้าที่สุด ... ถ้ามันเกิดแล้วก็อยากให้มันเป็นเกรดที่น้อยที่สุด ประมาณเกรด 1 เกรด 2 แค่นั้น" [N5]

"ถ้าผู้ป่วยปฏิบัติตัวไม่ได้ ได้รับคำแนะนำที่ไม่ถูกต้อง ก็จะทำให้ภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบรุนแรง ทำให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่ไม่ต่อเนื่อง เกิดภาวะแทรกซ้อนมากขึ้น ทุกข์ทรมาน" [N11]

3. สาเหตุและปัจจัยของการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ

พยาบาลรับรู้ว่าสาเหตุและปัจจัยของการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุ แบ่งออกเป็นในด้านการรักษา คือการได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด ปริมาณรังสีรวมที่ได้รับ ด้านของผู้สูงอายุเอง คือ การดูแลสุขวิทยาช่องปากที่ไม่ดี การใช้อุปกรณ์ในการดูแลช่องปากไม่เหมาะสม ปัจจัยด้านร่างกายของผู้สูงอายุเช่น เยื่อบุช่องปากที่บอบบาง การฟื้นหายช้า และในด้านพยาบาลคือการให้ข้อมูลที่ไม่เพียงพอ ไม่มีการทบทวนความเข้าใจของผู้สูงอายุซ้ำ ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"การฉายรังสีที่ได้รับอยู่เป็นปัจจัยหลัก ... การดูแลช่องปากไม่เหมาะ เช่น ใช้แปรงสีฟันที่แข็ง การแปรงฟันรุนแรง ใช้ยาสีฟันที่แสบ สุขวิทยาช่องปากไม่ดี ... คิดว่าเยื่อบุช่องปากผู้สูงอายุจะบางกว่าผู้ใหญ่" [N1]

"ภาวะแทรกซ้อนจากรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด ... ตั้งแต่แรกรับ การให้ข้อมูล/ความรู้จากเจ้าหน้าที่อาจจะไม่เพียงพอที่จะทำให้คนไข้ตระหนัก... ไม่ได้ทวนซ้ำความเข้าใจ ... ความทนเนื้อเยื่อในการรักษาผู้สูงอายุจะบอบบางกว่าวัยผู้ใหญ่" [N2]

"การรักษาด้วยรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด การรับรู้ของผู้สูงอายุ สอนแล้วอาจจะรับข้อมูลได้ไม่หมด ความเสื่อมตามวัย ผิวหนังบอบบาง การฟื้นหายช้ากว่าวัยอื่น พอเป็นก็รุนแรงกว่า" [N6]

"ปริมาณรังสีที่ได้รับ ยิ่งฉายเยอะรังสีที่ได้รับเยอะเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบมากขึ้น" [N11]

4. ผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ

จากการสัมภาษณ์ผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ พบว่าพยาบาลมีการรับรู้ผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปาก ต่อด้านร่างกาย ด้านจิตใจ ด้านสังคม และด้านเศรษฐกิจ ดังนี้

4.1 พยาบาลรับรู้ถึงผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุด้านร่างกายคือ ความเจ็บปวด ไม่สุขสบาย รับประทานอาหารลำบาก ทุพโภชนาการ ต้องปรับเปลี่ยนวิธีการรับประทานอาหาร เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"ไม่สุขสบาย มันเจ็บ กินลำบาก ทุพโภชนาการ ติดเชื้อ" [N1]

"ไม่สุขสบายเนื่องจากปวดในช่องปาก รับประทานอาหารได้ลดลง หรือทานไม่ได้ ก็ได้ใส่ NG ติดเชื้อได้เพราะว่ามีแผล" [N4]

"เกิดแผล ติดเชื้อ กินได้น้อย น้ำหนักลด ทุพโภชนาการ เจ็บปวด" [N6]

4.2 พยาบาลรับรู้ถึงผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุด้านจิตใจคือ วิตกกังวล ท้อแท้ นอนไม่หลับ ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"บางรายวิตกกังล เพราะมันเป็นอะไรที่ใหม่ สำหรับคนไข้" [N1]

"พอปวดแล้วก็ท้อแท้...วิตกกังวล นอนไม่หลับ" [N4]

"กังวลกลัวไม่ได้ฉาย กลัวแผลไม่หาย กลัวไม่ได้กลับบ้าน กลัวภาพลักษณ์ไม่ดี ถ้าต้องใส่ NG นอนไม่หลับ" [N6]

4.3 พยาบาลรับรู้ถึงผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุด้านสังคมคือ การพูดสื่อสารน้อยลง เกิดความไม่มั่นใจในภาพลักษณ์ ปฏิสัมพันธ์ลดลง มีภาวะพึ่งพาญาติและเจ้าหน้าที่ ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"พูดน้อยลง เกิดความไม่มั่นใจ ปฏิสัมพันธ์ลดลง...ทำให้ต้องช่วยเตรียมอาหารให้ ...อาจจะต้องเข้าไปช่วย มีภาวะพึ่งพามากขึ้น" [N1]

"พูดคุยลดลง มีภาวะพึ่งพา... ถ้าไม่มีญาติ เจ้าหน้าที่ก็ต้องช่วยดูแล" [N4]

"ไม่อยากใส่ NG เนื่องจากรู้สึกแปลกแยกจากคนอื่น ผู้สูงอายุบ้านเราจะไม่ชอบ คิดว่าใส่แล้วเหมือนวัวเหมือนควายที่ใส่สายอะไรทางจมูก ไม่อยากพูดกับใคร" [N6]

4.4 พยาบาลรับรู้ถึงผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบต่อผู้สูงอายุด้านเศรษฐกิจคือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจดการภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบที่เพิ่มขึ้น เช่น ค่ายา ค่าอุปกรณ์ในการทำความสะอาดช่องปาก ค่าอาหารทางการแพทย์หากต้องปรับเปลี่ยนอาหารเมื่อกลับไปอยู่บ้าน ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"เรื่องค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมขึ้นมา เช่นน้ำเกลือ อุปกรณ์บ้วนปาก แปรงสีฟันยาสีฟัน ถ้าซื้อมาไม่ถูกก็ต้องเปลี่ยนใหม่ ถ้ากินข้าวไม่ได้ก็ต้องซื้อนม" [N1]

"บางรายที่คุณหมอพิจารณายานอกบัญชี บางคนก็ปฏิเสธยาเพราะไม่มีเงิน ถ้าต้องเปลี่ยนเป็นนมกลับบ้าน...แต่ถ้าคนที่ไม่มีก็จะกระทบอยู่...แปรงสีฟัน ยาสีฟันเด็กคิดว่ากระทบ...เพราะคนที่ไม่มีก็ไม่มีจริงๆ แปรงอันนึงแพงอยู่นะ" [N4]

"อาจจะมีอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็นในการบ้วนปาก เช่น ทิชชู พวกยาต่างๆที่ต้องจ่ายเอง ... ถ้าคนไข้ที่มีปัญหาเศรษฐกิจ ก็จะเสียโอกาสในการได้รับยาพวกนี้ไป ถ้าคนไข้ที่ต้องใส่ NG กลับบ้าน...ต้องซื้อนม หรือเตรียมอุปกรณ์ในการทำอาหารปั่น" [N6]

5. การประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบและการติดตามประเมินผลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ

พยาบาลรับรู้เกี่ยวกับการประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบแตกต่างกัน เนื่องจากไม่มีแบบประเมินที่เป็นมาตรฐานในการนำใช้ในหอผู้ป่วย และไม่มีแนวปฏิบัติในการประเมินตั้งแต่แรกรับ จนกระทั่งผู้ป่วยจำหน่ายที่ชัดเจน ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"ประเมินด้วยการตรวจของพยาบาล ประเมินโดย mucositis grading ไม่ทราบชื่อแบบประเมิน ว่าชื่ออะไร แต่จากประสบการณ์ จะทราบว่ามันเป็นเกรด grade 0 คือไม่มีเลย grade 1 เริ่มแดง grade 2 เริ่มแดงวงใหญ่ขึ้น มากว่า 2 ซม. 2–3 วง ขึ้นไป grade 3 เริ่มมีเลือดซึม grade 4 คือมีเลือดมาก...เวลาส่งเวร บางคนประเมินได้เกรดไม่เท่ากัน" [N3]

"แรกรับ ซักประวัติตรวจร่างกาย ขอดูช่องปาก ว่ามีแผลมั้ย เพราะอาจจะมีแผลผ่าตัดมาก่อน ระหว่างรักษา ประเมินทุกเวรที่ขึ้น เวรละ 1 ครั้ง แบบประเมินที่ใช้ น่าจะ WHO ไม่แน่ใจ น่าจะ 0–4 เกรด 0 คือไม่มี เกรด 1 แดง เกรด 2 มีแผล เกรด 3 มีแผล วงกว้าง ไม่มีเลือดออก เกรด 4 มีแผล มีเลือดซิบ" [N6]

"ประเมินตั้งแต่แรกรับ จนถึง D/C ระหว่าง admit จะประเมินทุกเวร เวรละ 1 ครั้ง หรืออาจจะบ่อยกว่านั้นถ้า ประเมินเสร็จลงบันทึกใน Nurse note ส่งเวรทุกเวร แบบประเมินใช้ RTOG/ CTCAE V4 เพราะว่ามันสากลมากกว่า เหมาะสมกับคนไข้ฉายรังสีหรือฉายรังสีร่วมกับเคมีบำบัดมากกว่า..." [N11]

6. การพยาบาลเพื่อป้องกันผู้ป่วยที่เกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ

การให้การพยาบาลเพื่อป้องกันภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบมีแนวทางในการให้การพยาบาลเพื่อป้องกันแตกต่างกัน โดยพบว่าพยาบาลมีการให้คำแนะนำและให้ข้อมูลทั้งในด้านอุปกรณ์ วิธีการในการทำความสะอาดช่องปาก และแนวทางการป้องกันภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบแตกต่างกัน ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"ถ้ารู้ว่าเคสนี้ฉายที่ศีรษะและลำคอ จะให้น้ำเกลือไว้บ้วนปากก่อนเลย ...เพื่อให้ปากชุ่มชื้น เอาวาสลีนทาให้ปากไม่แห้ง แนะนำแปรงสีฟันขนนุ่ม ยาสีฟันเด็กตั้งแต่แรก เน้นย้ำว่าต้องแปรงฟันเช้า-เย็น ไม่ให้ใช้ไม้จิ้มฟันของมีคมแคะฟัน ไม่เคยให้ข้อมูลความรู้ ความหมาย ปัจจัย สาเหตุ ... ให้ข้อมูลคร่าวๆ แต่ก็ไม่ทุกเคส ถ้าวันไหนยุ่งๆ หรือไม่ได้นึกถึงก็ไม่ได้แนะนำ" [N1]

"แรกรับให้ข้อมูลเรื่องการฉายรังสี ภาวะแทรกซ้อนที่จะเกิดขึ้น จะมีแผลในช่องปาก แนะนำว่าแปรงฟันได้ด้วยแปรงสีฟันเด็ก ขนอ่อนนุ่ม ยาสีฟันเด็ก ให้บ้วนปากด้วยน้ำเกลือระหว่างวันได้ หรือได้ทุก 2 ชม. ... ไม่ได้ให้ข้อมูลเรื่องอาหารและน้ำเลย ไม่ได้นึกถึง" [N6]

"แนะนำการดูแลช่องปาก ใช้แปรงสีฟัน ยาสีฟันเด็ก ให้บ้วนน้ำเกลือ 2 ชม. /ครั้ง หรือก่อน-หลังรับประทานอาหาร ไม่ได้อธิบายวิธีบ้วนปากเลยว่าต้องอมนานเท่าไหร่ กี่ซีซี" [N7]

7.การพยาบาลเพื่อบรรเทาผู้ป่วยที่เกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ

การให้การพยาบาลเพื่อบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบพบว่ามีแนวทางที่แตกต่างกัน ในประเด็นการให้คำแนะนำและให้ข้อมูลทั้งในด้านอุปกรณ์ วิธีการในการทำความสะอาดช่องปาก การปรับเปลี่ยนชนิดอาหารเมื่อเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"ไม่ได้ให้การพยาบาลแยกเป็นเกรดค่ะ หนูให้การพยาบาลรวมๆทุกเกรดเหมือนกัน เช่น กระตุ้นบ้วนปาก แนะนำดื่มน้ำเยอะๆ ... ไม่ได้ให้คำแนะนำว่าต้องอมไว้กี่นาที เวลาไหน... ปรับอาหารจากธรรมดาเป็นอาหารอ่อน หรือว่านมทางการแพทย์ให้ทางปาก" [N2]

"ไม่ได้แยกแต่ละระยะ แต่ว่าแนะนำเรื่องบ้วนปาก ไม่ได้บอกวิธีบ้วนปาก...จะดูลักษณะ mucositis ถ้า grade 3 เป็นต้นไป ก็จะเปิดน้ำเกลือขวดใหม่ให้...แนะนำปรับเปลี่ยนอาหาร แนะนำใส่สาย NG" [N3]

"เกรด 1 แนะนำบ้วนปาก ทุก 2 ชม. ก่อนหลังรับประทานอาหาร เกรด 2 ประเมินอาการปวด ให้ยาแก้ปวด...เกรด 3 ดูแลเหมือน 1-2 ... ปรับเปลี่ยนอาหารให้ เกรด 4 แนะนำเหมือนเกรด 1-3 แต่ว่าให้คำแนะนำ NG OG" [N7]

8. แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ

พยาบาลรับรู้ว่าควรมีแนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบสำหรับผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่เฉพาะเจาะจง โดยครอบคลุมไปถึงตั้งแต่แนวทางการประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ วิธีการดูแลช่องปาก สื่อที่ควรใช้ รูปแบบการให้ข้อมูลเพื่อให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน และให้ญาติเข้ามามีส่วนร่วมในการดูแลผู้สูงอายุ อีกทั้งบุคลากรทุกระดับควรมีความรู้ในการดูแลผู้สูงอายุ การสอน อบรม การปรึกษาทางการพยาบาลเพื่อสร้างความตระหนักและความมั่นใจในการดูแล ดังคำกล่าวต่อไปนี้

"แนวปฏิบัติเฉพาะสำหรับผู้สูงอายุ ควรมีค่ะ ... ประสบการณ์การทำงานแค่ 1 ปี บางทีประเมินคนไข้ก็ไม่แน่ใจว่าเกรดไหน...ถ้าเรามีแนวทางแต่ละเกรดว่าดูแลคนไข้ยังไงก็จะเป็นประโยชน์ต่อคนไข้ค่ะ ควรมี Flow ตั้งแต่แรกรับ ต้องประเมินยังไง ความถี่เท่าไหร่...อยากให้มีคำอธิบาย รูปภาพเกรดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ แล้วก็แนวทางการดูแลแยกแต่ละเกรดไปเลย ... ทำเป็น one page วิธีการดูแลช่องปาก มีรูปภาพ สำหรับผู้สูงอายุน่าจะ

เข้าใจง่ายกว่า ถ้าทำกลุ่ม Health education อาทิตย์ละครั้ง ก็จะดี...น่าจะได้แลกปเลี่ยนกัน ผู้ให้บริการ อยากให้มีการ conference ในการดูแลผู้ป่วยในกลุ่มนี้ ได้ทบทวนความรู้พยาบาล แล้วก็อยากให้ทุกตำแหน่งรับทราบข้อมูลด้วย" [N2]

"แนวปฏิบัติมันน่าจะเฉพาะเจาะจง กว่าคนทั่วไป...ถ้าเคสนี้มาเป็นผู้สูงอายุ เราต้องตระหนักอะไรบ้าง ที่มันเห็นชัดเจน ว่าเราจะให้จ้อมูลอะไรเพิ่มบ้างมากกว่าเคสอื่นๆ...อยากให้แต่ละเกรดมันชัดเจนมากกว่านี้ อยากให้เพิ่มสาเหตุ การดูแลแต่ละเกรดของผู้สูงอายุต่างจากวัยอื่นยังไง...อยากให้มีเกรด ภาพระดับเยื่อบุช่องปากอักเสบที่มันเป็นสากล ด้านผู้สูงอายุ การให้ข้อมูลแบบตัวต่อตัวน่าจะเข้าใจมากกว่า เพราะผู้สูงอายุบางคนก็ไม่เข้าใจไม่กล้าถามในกลุ่มใหญ่ บางคนก็เดินมาฟังลำบาก ติดเตียงบ้าง" [N4]

"คิดว่าผู้สูงอายุน่าจะต่างจากวัยอื่นตรงนี้ที่ต้องมีพาวะพึ่งพาพึ่งพิง...มีมือสั่น ตาไม่ดี ก็ต้องมีคนช่วยเหลือเมื่อกลับไปดูแลต่อที่บ้าน care giver ต้องมาฝึก มาประเมิน ... สื่อการสอน อาจจะเป็น VDO ไม่สั้นไม่ยาวมาก เป็นการ์ตูนที่ผู้สูงอายุดูแล้วรู้เรื่อง เข้าใจ คำพูดเสียงประกอบต้องชัดถ้อยชัดคำ พูดช้าๆ ถ้ามี Subtitle ก็เอาตัวหนังสือใหญ่ๆ อ่านง่าย ตัดขอบชัดเจน...ทำ QR code ให้ญาติสแกนเข้าไปอ่าน ทั้งเป็นแบบแผ่นพับ...ถ้ามี Flow แยกเป็นเกรดๆเลยก็ดี" [N5]

"ปัญหาคือ พยาบาลประเมินได้เกรดไม่เท่ากัน อยากให้มีแนวทางการดูแลแต่ละเกรด มีรูปภาพภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบแต่ละเกรดให้ดู มีคำบรรยาย เพื่อจะได้ดูได้ง่าย มี VDO แผ่นพับ เนื้อหา ความสำคัญในการดูแลช่องปากค่ะ แล้วก็อยากให้มีวิธีการดูแล ประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบด้วยตนเอง การสอนอยากให้สอนเป็นกลุ่ม อยากให้มีการ update ความรู้ใหม่ๆ อยากให้มีหัวข้อนิเทศน์พยาบาลน้องใหม่ จะได้เข้าใจ มั่นใจ ในการให้คำแนะนำและดูแลคนไข้ได้ อยากให้มีการจัดการอบรมเจ้าหน้าที่ทุกระดับในการดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ" [N8]

"ชุดรับใหม่สำหรับผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ มีตะกร้า ในนั้นมี น้ำเกลือ แก้วน้ำ ถ้ามีแปรงสีฟัน ยาสีฟัน กระจกเล็กก็จะดี แล้วก็มีแผ่นภาพ ระดับภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ วิธีการบ้วนปาก ให้ความรู้ญาติเรื่องการประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ การดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ อยากให้ญาติเข้าฟังด้วย" [N7]

สรุปผลและอธิปรายผล

พยาบาลมีการรับรู้ด้านปัจจัยเสี่ยง ผลกระทบของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุที่มากกว่าวัยผู้ใหญ่ และเห็นความสำคัญในการมีแนวทางดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุกลุ่มนี้โดยเฉพาะ ซึ่งแนวปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับพยาบาลในหอผู้ป่วยเป้าหมายคือ แนวปฏิบัติที่ครอบคลุมตั้งแต่การประเมินสุขภาพช่องปาก ประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบตั้งแต่แรกรับ เพื่อรับรู้ปัญหา ข้อจำกัด ความรู้เดิม และพฤติกรรมสุขภาพในการดูแลช่องปากของผู้สูงอายุ มีชุดรับใหม่สำหรับผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอ ซึ่งมีอุปกรณ์จำเป็นในการดูแลช่องปาก มีการสอนโดยใช้สื่อที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุและสะดวกต่อการให้บริการ เช่น วิดีทัศน์ แผ่นพับ และให้ญาติเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ฝึกฝน เพื่อช่วยในการดูแลช่องปากของผู้สูงอายุได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่แนะนำว่าพยาบาลควรมีการประเมินปัจจัยเสี่ยงต่างๆ เช่น อายุ ภาวะความสมบูรณ์ของร่างกาย และเม็ดเลือดประวัติการเจ็บป่วยและยาประจำ การแปรงฟัน การใช้น้ำยาบ้วนปาก การสูบบุหรี่และเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ (ทยาณีย์ ณ ระนอง, 2556) ประเมินสูตรเคมีบำบัดที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อช่องปาก (Kent and Medway Cancer Collaborative, 2024) นอกจากนี้พยาบาลควรมีการให้ข้อมูลหรือสอนผู้สูงอายุและญาติตั้งแต่การประเมินสุขภาพช่องปาก เช่น เหงือกฟัน ฟันปลอม ประเมินความรู้เดิมของผู้ป่วย (อัมไพวรรณ พวงกำหยาด, รัชนี นามจันทรา, & วารินทร์ บินโฮเซ็น, 2560) ให้ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงอาการข้างเคียงของเคมีบำบัด (ทยาณีย์ ณ ระนอง, 2556) สอนให้ผู้ป่วยและญาติประเมินช่องปากด้วยตนเองโดยใช้ WHO oral mucositis scale (จริยา เรียนวาที, 2557) นอกจากการให้ความรู้/ฝึกทักษะเกี่ยวกับการดูแลช่องปากด้วยตนเอง พยาบาลควรมีความสามารถในเรียงลำดับตามความสำคัญของ

ปัญหาตามความต้องการของผู้ป่วยในแต่ละระยะ ได้แก่ ความรู้และทักษะในการดูแลความสะอาดในช่องปาก ความรู้เกี่ยวกับการลดการระคายเคืองบาดเจ็บในช่องปากและการปรับเปลี่ยนอาหารที่เหมาะสมกับสภาพของเยื่อบุช่องปาก และความรู้เกี่ยวกับการใช้ความเย็นโดยวิธีการอมน้ำแข็งในการจัดการความปวด (วันทกานต์ ราชวงศ์, ปรางทิพย์ ฉายพุทธ, สุวิมล กิมปี, & นันทกานต์ เอี่ยมวนานนทชัย, 2556) อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมาระบุว่าพยาบาลให้ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการรักษามะเร็งแก่ผู้ป่วย แต่ให้ความสำคัญกับการให้ความรู้เกี่ยวกับผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งรวมถึงภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบน้อยมาก (Raymond & Agyeman-Yeboah, 2023)

ถึงแม้ผลการศึกษาจะระบุว่าพยาบาลมีการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายของผู้สูงอายุมีผลต่อการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ แต่ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การติเชื้อจากภูมิคุ้มกันลดลง ความสามารถในการจดจำข้อมูลของผู้สูงอายุเปลี่ยนแปลง กิจกรรมการพยาบาลส่วนใหญ่จึงเป็นรูปแบบการสอนและดูแลให้ทำความสะอาดช่องปากเพียงอย่างเดียว แต่การพยาบาลเพื่อบรรเทาอาการปวดจากเยื่อบุช่องปากอักเสบในแต่ละระดับความรุนแรงนั้นไม่มีความเฉพาะเจาะจงในผู้สูงอายุ และขาดการพยาบาลเพื่อลดระดับความรุนแรงของภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ นอกจากนี้รูปแบบการพยาบาลเป็นไปตามประสบการณ์ของพยาบาลแต่ละคนโดยเฉพาะพยาบาลน้องใหม่ซึ่งต้องการแนวปฏิบัติที่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่า โดยทั่วไปพยาบาลมีทัศนคติที่ดีต่อการดูแลช่องปากแม้จะมีความรู้จำกัดเกี่ยวกับภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบที่เกิดจากการรักษาโรคมะเร็ง อย่างไรก็ตามแนวทางการดูแลช่องปากของพยาบาลความแตกต่างเล็กน้อย (Zuo et al., 2024) และอีกการศึกษาระบุว่าพยาบาลมีความรู้เกี่ยวกับการประเมินผู้ป่วยก่อนการรักษาโรคมะเร็ง แต่มีความรู้ไม่เพียงพอเกี่ยวกับเครื่องมือมาตรฐานสำหรับการประเมินภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ นอกจากนี้ยังขาดแนวทางที่ชัดเจนในการป้องกันและรักษาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ ซึ่งการขาดแนวปฏิบัติที่เป็นระบบสำหรับภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ ประกอบกับเครื่องมือที่ไม่พร้อมใช้งานสำหรับการประเมินเยื่อบุช่องปากนั้นเป็นอุปสรรคต่อการจัดการภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบอย่างมาก (Raymond & Agyeman-Yeboah, 2023) การศึกษาส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าพยาบาลสามารถให้การรักษา เช่น การดูแลสุขอนามัยในช่องปาก การให้ยาแก้ปวด การรักษาด้วยความเย็น การรักษาภาวะปากแห้ง การบ้วนปากด้วยคลอร์เฮกซิดีน โซเดียมไบคาร์บอเนต และสารอื่นๆ ที่ช่วยควบคุมความเจ็บปวดในผู้ป่วย ซึ่งส่งผลให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น ผลกระทบของการกระทำของพยาบาลในการปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย การควบคุมภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบ แต่การศึกษาที่สร้างหลักฐานที่แข็งแกร่งสำหรับการพัฒนาและ/หรือปรับปรุงการดูแลพยาบาลรูปแบบใหม่ในการป้องกันดูแลภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบก็ยังเป็นประเด็นที่ควรพิจารณาในเรื่องนี้ (Santana et al., 2019)

การขาดแคลนบุคลากรด้านการพยาบาลสามารถสะท้อนให้เห็นได้จากบริบทการดูแลผู้ป่วยของการศึกษานี้ที่พยาบาลระบุว่าบุคลากรในหอผู้ป่วยตำแหน่งอื่นๆ มีส่วนความสำคัญในการดูแลผู้สูงอายุเช่นเดียวกัน จึงควรมีการสอน ให้ความรู้บุคลากรตำแหน่งอื่นๆด้วย มีแผนผังงาน บทบาทหน้าที่ของแต่ละตำแหน่งชัดเจน เพื่อการดูแลผู้สูงอายุเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าอุปสรรคสำคัญในการป้องกันและจัดการภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบที่เกิดจากการรักษาโรคมะเร็งในพยาบาล ได้แก่ การขาดเวลา การขาดความรู้ และการขาดแคลนบุคลากร (Zuo et al., 2024) ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าการพัฒนาแนวปฏิบัติในการป้องกันและจัดการภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบที่เกิดจากการรักษาโรคมะเร็งในพยาบาลอาจจะต้องมีการพิจารณาทั้งด้านความรู้ ความตระหนัก ทักษะ อัตรากำลังบุคลากร และบทบาทหน้าที่และรายละเอียดงาน

ข้อเสนอแนะ/การนำไปใช้

1. ควรมีการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้สูงอายุเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัด

2. นำข้อค้นพบในการศึกษา นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุโรคมะเร็งศีรษะและลำคอที่ได้รับรังสีรักษาและรังสีรักษาร่วมกับเคมีบำบัดต่อไป

3. ควรมีการพัฒนาสื่อ คู่มือ วิดีทัศน์ที่เกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและญาติ

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา หล้าบา. (2555). การพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันและบรรเทาการเกิดภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้สูงอายุมะเร็งศีรษะและคอ ศูนย์มะเร็งอุดรธานี. รายงานการศึกษาอิสระ ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลผู้สูงอายุคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จริยา เรียนวาที. (2557). ผลลัพธ์ของการใช้แนวปฏิบัติทางการพยาบาลในการป้องกันและบรรเทาอาการเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้ป่วยมะเร็งที่ได้รับยา 5–Fluorouracil. *วารสารวิชาการสาธารณสุข*, 23(3).

ทยาณีย์ ณ ระนอง. (2556). การพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลทางคลินิกเพื่อป้องกันและบรรเทาอาการเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่ได้รับเคมีบำบัด. *วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน*, 19(1), 39–52.

วันทกานต์ ราชวงศ์, ปรางทิพย์ ฉายพุทธ, สุวิมล กิมปี, & นันทกานต์ เอี่ยมวนานนทชัย. (2556). ผลของโปรแกรมการจัดการการดูแลช่องปากด้วยตนเองต่อภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและคอที่ได้รับการรักษา ด้วยการฉายรังสีหรือฉายรังสีร่วมกับเคมีบำบัด. *วารสารสภาการพยาบาล*, 28(1).

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2565) ทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาล พ.ศ. 2565. กรุงเทพฯ: หน่วยงานฐานข้อมูลผู้ป่วยโรคมะเร็ง. กลุ่มงานดิจิทัลการแพทย์, ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2567, สืบค้นจาก https://www.nci.go.th/th/cancer_record/download/Hosbased–2022–1.pdf

อัมไพวรรณ พวงกำหยาด, รัชนี นามจันทรา, & วารินทร์ บินโฮเซ็น. (2560). ผลของโปรแกรมการดูแลช่องปากต่อความสามารถในการดูแลช่องปากและภาวะเยื่อบุช่องปากอักเสบในผู้ป่วยมะเร็งที่ได้รับเคมีบำบัด. *วารสารพยาบาลสภากาชาดไทย*, 10(2).

Abdalla–Aslan, R., Bonomo, P., Keefe, D., Blijlevens, N., Cao, K., Cheung, Y. T., Fregnani, E. R., Miller, R., Raber–Durlacher, J., Epstein, J., van Sebille, Y., Kauark–Fontes, E., Kandwal, A., McCurdy–Franks, E., Finkelstein, J., McCarvell, V., Zadik, Y., Ottaviani, G., Amaral Mendes, R., ... Matsuda, Y. (2024). Guidance on mucositis assessment from the MASCC Mucositis Study Group and ISOO: an international Delphi study. *EClinicalMedicine*, *73*. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.102675

Al–Rudayni, A. H. M., Gopinath, D., Maharajan, M. K., & Menon, R. K. (2020). Impact of oral mucositis on quality of life in patients undergoing oncological treatment: A systematic review. *In Translational Cancer Research* (Vol. 9, Issue 4, pp. 3126–3134). AME Publishing Company. https://doi.org/10.21037/tcr.2020.02.77

Buckwalter, K. C., Cullen, L., Hanrahan, K., Kleiber, C., McCarthy, A. M., Rakel, B., Steelman, V., Tripp–Reimer, T., & Tucker, S. (2017). Iowa Model of Evidence–Based Practice: Revisions and Validation. *Worldviews on Evidence–Based Nursing*, 14(3), 175–182. https://doi.org/10.1111/wvn.12223

Çakmak, S., & Nural, N. (2019). Incidence of and risk factors for development of oral mucositis in outpatients undergoing cancer chemotherapy. *International Journal of Nursing Practice*, 25(1). https://doi.org/10.1111/ijn.12710

Chen, X., Yao, L., Shan, Q., Qian, X., Lu, X., Tang, X., Chen, S., & Yu, W. (2021). Risk factors for oral mucositis in patients with malignant tumors: A prospective cohort study. *Annals of Palliative Medicine*, 10(7), 8180–8189. https://doi.org/10.21037/apm-21-1675

Chow, L. Q. M. (2020). Head and Neck Cancer. *New England Journal of Medicine*, 382(1), 60–72. https://doi.org/10.1056/NEJMra1715715

Dickstein, D. R., Egerman, M., Monrose, E., Varma, A., Ozbek, U., Sharma, S., Liu, J. T., Gupta, V., Posner, M. R., Misiukiewicz, K., Miles, B. A., Genden, E., & Bakst, R. L. (2021). Treatment tolerability and outcomes in elderly patients with head and neck cancer. *Head and Neck*, 43(3), 858–873. https://doi.org/10.1002/hed.26548

Dickstein, D. R., Lehrer, E. J., Hsieh, K., Hotca, A., Jones, B. M., Powers, A., Sharma, S., Liu, J., Gupta, V., Mell, L., Husain, Z., Kirke, D., Misiukiewicz, K., Posner, M., Genden, E., & Bakst, R. L. (2022). Management of Older Adults with Locally Advanced Head and Neck Cancer. *In Cancers* (Vol. 14, Issue 11). MDPI. https://doi.org/10.3390/cancers14112809

Dickstein, D. R., Powers, A. E., Vujovic, D., Roof, S., & Bakst, R. L. (2023). Clinical and Therapeutic Considerations for Older Adults with Head and Neck Cancer. *In Clinical Interventions in Aging* (Vol. 18, pp. 409–422). Dove Medical Press Ltd. https://doi.org/10.21/CIA.S366155

Dusin, J., Melanson, A., & Mische-Lawson, L. (2023). Evidence-based practice models and frameworks in the healthcare setting: A scoping review. *BMJ Open*, *13*(5). https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-071188

Elad, S., Yarom, N., Zadik, Y., Kuten-Shorrer, M., & Sonis, S. T. (2022). The broadening scope of oral mucositis and oral ulcerative mucosal toxicities of anticancer therapies. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, *72*(1), 57–77. https://doi.org/10.3322/caac.21704

Fasano, M., D'onofrio, I., Belfiore, M. P., Angrisani, A., Caliendo, V., della Corte, C. M., Pirozzi, M., Facchini, S., Caterino, M., Guida, C., Nardone, V., Reginelli, A., & Cappabianca, S. (2022). Head and Neck Squamous Cell Carcinoma in Elderly Patients: Role of Radiotherapy and Chemotherapy. *In Cancers* (Vol. 14, Issue 3). MDPI. https://doi.org/10.3390/cancers14030472

Johnson, D. E., Burtness, B., Leemans, C. R., Lui, V. W. Y., Bauman, J. E., & Grandis, J. R. (2020). Head and neck squamous cell carcinoma. *In Nature Reviews Disease Primers* (Vol. 6, Issue 1). Nature Research. https://doi.org/10.1038/s41572-020-00224-3

Kamulegeya, A., Nakanjako, D., Orem, J., & Mayanja-Kizza, H. (2021). Experiences of patients who developed oral mucositis during solid neoplasms treatment: a Ugandan qualitative study. *Journal of Patient-Reported Outcomes*, 5(1). https://doi.org/10.1186/s41687-021-00301-5

Kent and Medway Cancer Collaborative. (2024). *Systemic Anti-Cancer Therapy Care Pathway Treatment Induced Mucositis and Stomatitis Guidance Document* (Vol. 7).

Lamster, I. B., Asadourian, L., del Carmen, T., & Friedman, P. K. (2016). The aging mouth: differentiating

normal aging from disease. *In Periodontology 2000* (Vol. 72, Issue 1, pp. 96–107). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1111/prd.12131

Li, J., Zhu, C., Zhang, Y., Guan, C., Wang, Q., Ding, Y., & Hu, X. (2023). Incidence and Risk Factors for Radiotherapy-Induced Oral Mucositis Among Patients With Nasopharyngeal Carcinoma: A Meta-Analysis. *In Asian Nursing Research* (Vol. 17, Issue 2, pp. 70–82). Korean Society of Nursing Science. https://doi.org/10.1016/j.anr.2023.04.002

Lorini, L., Perri, F., Vecchio, S., Belgioia, L., Vinches, M., Brana, I., Elad, S., & Bossi, P. (2022). Confounding factors in the assessment of oral mucositis in head and neck cancer. *In Supportive Care in Cancer* (Vol. 30, Issue 10, pp. 8455–8463). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/s00520-022-07128-w

Maria, O. M., Eliopoulos, N., & Muanza, T. (2017). Radiation-Induced Oral Mucositis. *In Frontiers in Oncology* (Vol. 7, Issue MAY). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fonc.2017.00089

Martins, J. O., Borges, M. M., Malta, C. E., Guerra, J. M., Crispim, A. A., Coelho, B. C., Silva, L. F., & Silva, P. G. (2024). Risk factors for oral mucositis in patients with solid tumors under treatment with cetuximab: a retrospective cross-sectional study. *Medicina Oral, Patologia Oraly Cirugia Bucal*, 29(2), e248–e254. https://doi.org/10.4317/medoral.26237

Qamar, S., Rozi, S., Sawani, S., Awan, M. S., Akhtar, S., Siddiqui, M. I., Abbas, S. A., Taimoor, S., & Raza Khan, F. (2024). Oral health related quality of life in head and neck cancer survivors within the first year following treatment: a cross-sectional study in Karachi, *Pakistan. Scientific Reports*, 14(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-52813-x

Raymond, B. M., & Agyeman-Yeboah, J. (2023). Nurses' knowledge on assessment and management of cancer therapy-associated oral mucositis. *Nursing Open*, *10*(11), 7292–7300. https://doi.org/10.1002/nop2.1982

Rovinelli, R.J. and Hambleton, R.K. (1976). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association: California*. April 19 –23, 1976

Santana J.C., Barbosa I.C.L., Melo R.R., Santos T.C.L., Silva L.D., Rodrigues A.J. (2019). Nursing assistant in the management of oral mucositis in oncology patients. *Global Journal of Nursing*, 2:10.

Shetty, S. S., Maruthi, M., Dhara, V., de Arruda, J. A. A., Abreu, L. G., Mesquita, R. A., Teixeira, A. L., Silva, T. A., & Merchant, Y. (2022). Oral mucositis: Current knowledge and future directions. *Disease-a-Month*, *68*(5). https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2021.101300

Son, E., Panwar, A., Mosher, C. H., & Lydiatt, D. (2018). ASSOCIATED CONTENT Cancers of the Major Salivary Gland. https://doi.org/10.1200/JOP

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), 209–249. https://doi.org/10.3322/caac.21660

Villamin, P., Lopez, V., Thapa, D. K., & Cleary, M. (2024). A worked example of qualitative descriptive design: A step-by-step guide for novice and early career researchers. *Journal of Advanced Nursing*, *81*(8), 5181–5195. https://doi.org/10.1111/jan.16481

Zuo, F., Li, T., Chen, Y., Wen, M., & Cao, H. (2024). Knowledge, attitudes, barriers and practices concerning cancer therapy–associated oral mucositis amongst oncology nurses: a mixed methods systematic review. *Asia–Pacific journal of oncology nursing*, *11*(8), 100542. https://doi.org/10.1016/j.apjon.2024.100542

การศึกษาความชุกของการกลายพันธุ์ของ *JAK2* (*JAK2* mutation) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบและโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

The prevalence of *JAK2* mutation in patients with ischemic stroke and coronary artery disease

ธนกร งามสวย[1] หนึ่งฤทัย นิลศรี[2] ดวงนภา รุ่งพิบูลโสภิษฐ์[1] พงษ์พันธ์ จิตต์ธรรม[1] และ พีระพล วอง[1,3*]

Thanakorn Ngamsouy[1], Nungruthai Nilsri[2], Duangnapa Roongpiboonsopit[1], Phongphan Jittham[1] and Peerapon Wong[1,3*]

บทคัดย่อ

การกลายพันธุ์ของ Janus kinase 2 (JAK2) มีบทบาทในการกระตุ้นการอักเสบและส่งเสริมการเกิด thrombosis มีรายงานว่าอาจมีความเกี่ยวข้องกับโรคหลอดเลือดสมองตีบ และโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความชุกของการกลายพันธุ์ JAK2 ชนิด V167F ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบและโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ วิธีการศึกษา cross sectional study เก็บข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคม 2567 – กันยายน 2568 ณ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ผู้เข้าร่วมการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบ และผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โดยเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อตรวจคัดกรองการกลายพันธุ์ JAK2 ด้วยเทคนิค allele-specific PCR และยืนยันผลด้วย real-time quantitative PCR (RT-PCR) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และรายงานความชุกเป็นร้อยละ ผลการศึกษา พบการกลายพันธุ์ของ JAK2 ในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบจำนวน 1 ราย จากทั้งหมด 236 ราย (ร้อยละ 0.42) และไม่พบการกลายพันธุ์ในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบทั้งสิ้น 175 ราย ผู้ป่วยที่ตรวจพบการกลายพันธุ์เป็นเพศหญิง อายุ 90 ปี มีประวัติโรคความดันโลหิตสูงและไขมันในเลือดสูง โดยไม่พบลักษณะทางคลินิกของ myeloproliferative neoplasm ผล RT-PCR ให้ผลเป็นบวก โดยมี allele burden ร้อยละ 0.65 สรุปผล ความชุกของการกลายพันธุ์JAK2 ใน ผู้ป่วยทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างจากประชากรทั่วไปจึงยังไม่พบหลักฐานสนับสนุนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างการกลายพันธุ์ของ JAK2 กับการเกิดthrombosis ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบและโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

คำสำคัญ: การกลายพันธุ์ของ *JAK2* (*JAK2* mutation), โรคหลอดเลือดสมองตีบ, โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ, thrombosis

[1] ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2]ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[3]หน่วยวิจัยธาลัสซีเมีย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1]Department of Medicine, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok 65000

[2]Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok 65000

[3]Thalassemia Research Unit, Naresuan University Hospital, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author email: peeraponw@nu.ac.th

Abstract

The *Janus kinase 2* (*JAK2*) mutation plays a crucial role in promoting inflammation and thrombosis formation and has been reported to be potentially associated with ischemic stroke and coronary artery disease. **Objective**: To determine the prevalence of the *JAK2* V617F mutation among patients with ischemic stroke and coronary artery disease. **Methods**: This cross-sectional study was conducted between August 2024 and September 2025 at Naresuan University Hospital, Phitsanulok. Participants were divided into two groups: patients diagnosed with ischemic stroke and those with coronary artery disease. Peripheral blood samples were collected to screen for *JAK2* mutations using allele-specific PCR, and positive results were confirmed by real-time quantitative PCR (RT-PCR). Data were analyzed using descriptive statistics, and the prevalence of *JAK2* mutation was reported as a percentage. **Results**: The *JAK2* V617F mutation was detected in one out of 236 ischemic stroke patients (0.42%), whereas no mutations were identified among 175 patients with coronary artery disease. The positive case was a 90-year-old female with a history of hypertension and hyperlipidemia, but without clinical or hematologic features suggestive of myeloproliferative neoplasms. RT-PCR was positive with an allele burden of 0.65%. **Conclusion**: The prevalence of *JAK2* mutations among patients with ischemic stroke and coronary artery disease did not differ from that in the general population. Therefore, this study provides no current evidence supporting a causal association between *JAK2* mutations and the development of thrombotic events in patients with ischemic stroke or coronary artery disease.

Keywords: *JAK2* mutation, ischemic stroke, coronary artery disease, thrombosis

บทนำ

แม้ว่าปัจจุบันจะมีการทราบถึงปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมองตีบ (ischemic stroke) และโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (coronary artery disease) ได้แก่ ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ภาวะไขมันในเลือดสูง และการสูบบุหรี่แต่ในทางคลินิกยังพบผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหลอดเลือดสมองตีบหรือหลอดเลือดหัวใจตีบ (ischemic cardiovascular disease) โดยไม่พบปัจจัยเสี่ยงจากโรคทางเมตาบอลิก (metabolic disease) หรือปัจจัยทางหลอดเลือด (vascular disease) ที่ชัดเจน ขณะเดียวกันยังพบผู้ป่วยอีกจำนวนหนึ่งซึ่งมีโรคหลอดเลือดสมองตีบหรือหลอดเลือดหัวใจตีบที่ทราบปัจจัยเสี่ยงชัดเจนและได้รับการป้องกันแบบทุติยภูมิ (secondary prevention) อย่างครบถ้วน เช่น การควบคุมความดันโลหิต ระดับน้ำตาล และไขมันในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ตลอดจนการหยุดสูบบุหรี่และการรับประทานยาตามแผนการรักษาอย่างต่อเนื่อง ก็ยังคงมีการเกิดโรคซ้ำ แสดงให้เห็นว่าอาจมีปัจจัยเสี่ยงอื่นทั้งที่ทราบมาก่อนแล้วแต่ยังไม่ได้ตรวจหา และปัจจัยที่ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดแต่มีบทบาทสำคัญต่อกลไกการเกิดโรคหลอดเลือดสมองตีบและหลอดเลือดหัวใจตีบ

การกลายพันธุ์ของ JAK2 ชนิด V617F เป็นการกลายพันธุ์หลัก (driver mutation) เป็นพยาธิกำเนิดที่พบใน Philadelphia-negative myeloproliferative neoplasm (MPN) โดยพบในผู้ป่วย polycythemia vera เกือบทุกราย (ร้อยละ 97) และมากกว่าครึ่งของผู้ป่วย essential thrombocytosis และ primary myelofibrosis (ร้อยละ 50 – 57)[1] ภาวะแทรกซ้อนทางหลอดเลือดเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยและเสียชีวิตสำคัญในผู้ป่วย MPN ซึ่งมีกลไกการเกิดสัมพันธ์กับ

โรคอย่างชัดเจน[2] อย่างไรก็ดีมีผู้ป่วยจำนวนมากที่เกิด thrombosis ของหลอดเลือดดำ และภาวะแทรกซ้อนทางหัวใจและหลอดเลือด (arterial thrombosis) ก่อนการวินิจฉัย MPN ได้เป็นเวลาหลายปี ซึ่งผู้ป่วยบางส่วนตรวจพบการกลายพันธุ์ของ JAK2[3–5] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แสดงให้เห็น ความเสี่ยง (odds ratio) ที่เพิ่มขึ้นในการเกิด thrombosis ของหลอดเลือดดำในผู้ที่มี JAK2 allele burden มากกว่าร้อยละ 1 โดยไม่ใช่ผู้ป่วย MPN (mutation–positive non–MPN, allele burden ≥ 1%) เทียบกับผู้ที่ไม่มีการกลายพันธุ์ของ JAK2[6] จึงมีความเป็นไปได้ที่การกลายพันธุ์ของ JAK2 อาจเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะแทรกซ้อนทางหลอดเลือด โดยอาศัยกลไกอื่น ๆ ที่ไม่ใช่กลไกการเกิด thrombosis แบบเดียวกับ MPN

การกลายพันธุ์ของ JAK2 สามารถพบได้ในประชากรทั่วไป โดยการศึกษาในเดนมาร์กจากประชากรทั่วไป 49,488 คน พบการกลายพันธุ์ของ JAK2 ชนิด V617F จำนวน 68 คน (ร้อยละ 0.1)[7] และการศึกษาในประเทศจีนจากประชากรทั่วไป 3,935 คน พบการกลายพันธุ์ของ JAK2 ชนิด V617F จำนวน 37 คน (ร้อยละ 0.94)[8] ทั้งนี้ความชุกดังกล่าวมีอัตราที่สูงขึ้นชัดเจนในประชากรที่มี thrombosis[3–6,9] มีการศึกษาความชุกของการกลายพันธุ์ของ JAK2 โดยไม่มีลักษณะทางคลินิกของ MPN ในผู้ป่วย splanchnic vein thrombosis พบความชุกในอัตราร้อยละ 31.5[3] การศึกษาในโรคหลอดเลือดสมองตีบพบความชุกในอัตราร้อยละ 11.3[9] ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของการกลายพันธุ์ของ JAK2 กับภาวะแทรกซ้อนทางหลอดเลือด ปัจจุบันยังไม่เคยมีรายงานความชุกของการ กลายพันธุ์ของ JAK2 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบและหลอดเลือดหัวใจตีบในประเทศไทย จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้

วิธีการศึกษา

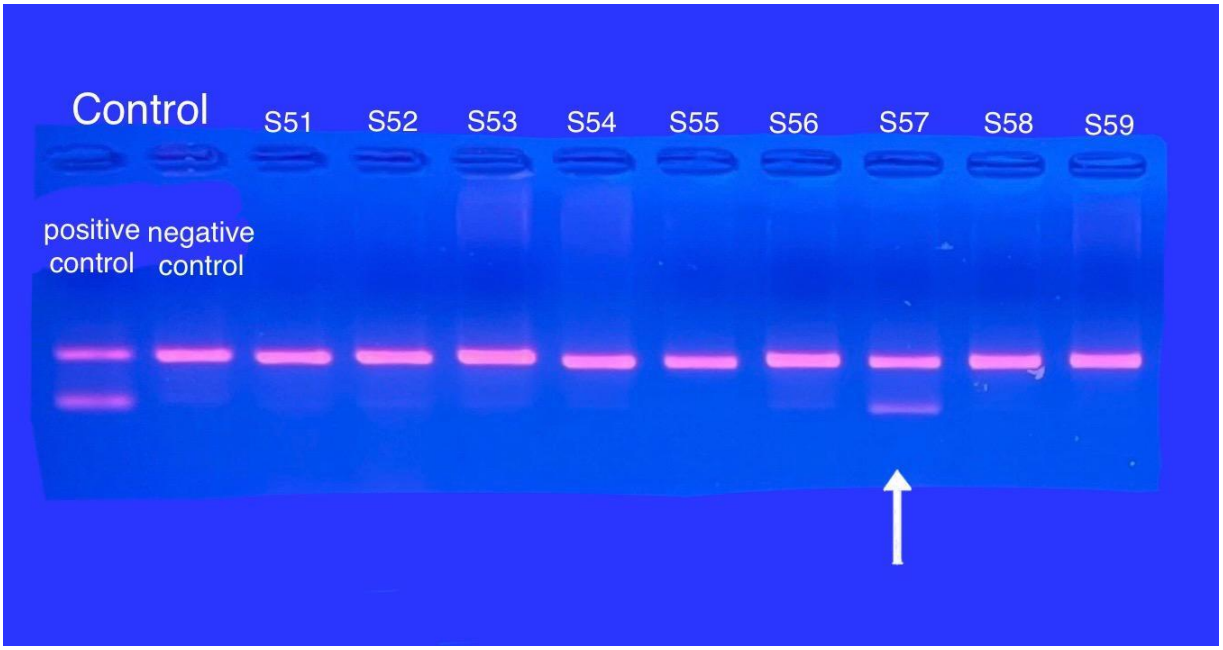
การศึกษาแบบ cross sectional study โดยมีประชากรที่ใช้ในการศึกษา 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบและโรคหลอดเลือดหัวใจตีบในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยรวบรวมผู้ป่วย โรคหลอดเลือดสมองตีบทุกรายที่ได้รับการวินิจฉัยจากเกณฑ์ Trial of ORG 10172 in Acute Stroke Treatment (TOAST) classification ยกเว้นผู้ป่วย cardioembolic stroke และผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบทุกรายที่ได้รับการวินิจฉัยด้วย coronary angiogram เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2567 – 30 กันยายน 2568 โดยรวบรวมผู้ป่วยจากแผนกผู้ป่วยนอกซึ่งได้รับการวินิจฉัยมาก่อนแล้วและมารับการตรวจในช่วงเวลาดังกล่าว และผู้ป่วยในที่รับไว้ในโรงพยาบาลซึ่งเป็นผู้ป่วยรายใหม่

กระบวนการเริ่มโดยเจาะเก็บเลือดจากผู้ป่วยปริมาตรเลือด 6 มิลลิลิตร เพื่อตรวจคัดกรองการกลายพันธุ์ของ JAK2 ด้วยเทคนิค allele specific PCR และยืนยันผลด้วย real–time quantitative PCR การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และรายงานความชุกเป็นร้อยละ

การทดสอบการกลายพันธุ์ของ JAK2 ชนิด V617F ด้วยเทคนิค allele–specific PCR ตามการศึกษาก่อนหน้า[1] ใช้ primer ดังนี้ forward wild–type primer 5’–ATC TAT AGT CAT GCT GAA AGT AGG AGA AAG–3’, forward mutant primer 5’–AGC ATT TGG TTT TAA ATT ATG GAG TAT ATT–3’ และ reverse primer 5’–CTG AAT AGT CCT ACA GTG TTT TCA GTT TCA–3’ ปฏิกิริยาการเพิ่มจำนวน JAK2 allele ประกอบไปด้วยขั้นตอน initial denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ขั้นตอนการทำซ้ำ 40 รอบ ประกอบไปด้วย denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที annealing ที่อุณหภูมิ 51.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และ extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และขั้นตอนสุดท้าย (final extension) ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทำการประเมินผลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย gel electrophoresis โดยมีกลุ่มควบคุม (positive และ negative control)

ผลการศึกษา

ประชากรที่ศึกษาทั้งหมด 409 ราย แบ่งเป็นกลุ่มโรคหลอดเลือดสมองตีบ 236 ราย และโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ 173 ราย พบการกลายพันธุ์ของ JAK2 ชนิด V617F จำนวน 1 ราย ในกลุ่มโรคหลอดเลือดสมองตีบ (ร้อยละ 0.42) โดยไม่พบการกลายพันธุ์ของ JAK2 ในกลุ่มโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ



ภาพที่ 1 gel electrophoresis ของ allele-specific PCR: ตัวอย่าง S57 (ลูกศร) เป็นตัวอย่างที่ให้ผลเป็นบวก

รายละเอียดของผู้ป่วยที่พบการกลายพันธุ์ *JAK2*

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบ 1 รายที่ตรวจพบการกลายพันธุ์ JAK2 เป็น ผู้ป่วยหญิง อายุ 90 ปี มีโรคประจำตัวเป็นความดันโลหิตสูงและไขมันในเลือดสูง เข้ารับการรักษาจำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกด้วยอาการ spastic dysarthria ร่วมกับ facial palsy และ hemiparesis ของร่างกายซีกขวา ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการพบ hemoglobin (Hb) 11.0 g/dL, hematocrit (Hct) 34.0%, white blood cell (WBC) 7,660 cell/μL (neutrophil 46.4%), platelet 332,000 /μL, fasting plasma glucose (FPG) 85 mg/dL, HbA1c 5.7%, cholesterol 146 mg/dL, triglyceride 42 mg/dL, low density lipoprotein (LDL) 43 mg/dL, high density lipoprotein (HDL) 95 mg/dL และกลับมาเป็นซ้ำอีก 1 เดือนต่อมา ด้วยอาการ ataxic hemiparesis ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการพบ Hb 11.6 g/dL, Hct 35.2%, WBC 6,310 cell/μL (neutrophil 41.4%), platelet 347,000 /μL, FPG 95 mg/dL, HbA1c 5.1%, cholesterol 136 mg/dL, triglyceride 45 mg/dL, LDL 47 mg/dL, HDL 80 mg/dL ตรวจพบ JAK2 ชนิด V617F mutation จาก allele-specific PCR, MRI brain ตรวจพบ cortical/subcortical infarction บริเวณ cerebral hemisphere ข้างซ้าย และ lacunar infarction บริเวณ caudate nucleus ข้างซ้าย JAK2 real-time quantitative PCR ให้ผลเป็นบวก โดยมี allele burden ร้อยละ 0.65

สรุปผลและอภิปรายผล

การกลายพันธุ์ของ JAK2 เป็นการกลายพันธุ์ชนิด gain-of-function ทำให้ JAK2 receptor ส่งสัญญาณผ่าน JAK-STAT pathway อย่างต่อเนื่อง นำไปสู่การเพิ่มจำนวนของ hematopoietic cell ซึ่งเป็นลักษณะทางคลินิกที่สำคัญของ MPN นอกจากนี้ JAK2 signaling ยังเพิ่มการหลั่ง inflammatory cytokine เช่น IL-6, TNF-alpha ซึ่งส่งผลให้เกิดการอักเสบเรื้อรัง endothelial activation และ prothrombotic state[10,11] การอักเสบเรื้อรังมีความสัมพันธ์กับ atherosclerosis[12] โดยพบการกระตุ้นเม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และ endothelial cell นอกจากนี้ยังพบระดับ C-reactive protein ที่เพิ่มสูง ในกลุ่มผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด[13-15] มีข้อมูลที่ทำให้เชื่อว่าการอักเสบเรื้อรังเป็นปัจจัยกระตุ้นและขับเคลื่อนทำให้เกิด clonal evolution นำไปสู่ MPN โดยโรคที่มีภาวะอักเสบ เช่น โรคที่เกี่ยวข้องกับ atherosclerosis อาจนำมาก่อนการพัฒนาเป็น MPN[10] ข้อมูลจาก case control study แสดงให้เห็นว่าผู้ป่วยโรคเส้นเลือดหัวใจตีบและเส้นเลือดสมองตีบ มีโอกาสเกิด MPN ในภายหลังสูงกว่ากลุ่มควบคุม[5] และเช่นเดียวกัน ผู้ป่วย MPN มีโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนทางหัวใจและหลอดเลือดสูงกว่าประชากรทั่วไป [2] มีการศึกษาที่พบว่ากลุ่มผู้ป่วยหัวใจขาดเลือดในอายุน้อยมีสัดส่วนของการกลายพันธุ์ของ JAK2 มากกว่ากลุ่มควบคุม โดยคนที่มีการกลายพันธุ์ของ JAK2 ซึ่งยังไม่มีลักษณะทางคลินิกของ MPN มีโอกาสเกิดหัวใจขาดเลือดในอายุน้อยสูงกว่ากลุ่มควบคุม 4 เท่า (odds ratio 4.0, confidence interval 1.8-6.5)[16] จึงมีความเป็นไปได้ว่ากระบวนการพัฒนาไปสู่ MPN ผ่านการกลายพันธุ์ของ JAK2 ทำให้เกิด premature atherosclerosis และเป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือด ก่อนที่จะมีลักษณะทางคลินิกของ MPN ในทางกลับกัน กระบวนการอักเสบซึ่งสัมพันธ์กับ atherosclerosis อาจเป็นปัจจัยกระตุ้นเรื้อรังและทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของ JAK2 และ MPN ตามมาภายหลังได้เช่นกัน[5] อย่างไรก็ดีการศึกษานี้พบอัตราความชุกของการกลายพันธุ์ของ JAK2 ในประชากรที่มี atherosclerosis เพียงร้อยละ 0.42 ซึ่งไม่ได้สูงกว่าอัตราความชุกในประชากรทั่วไปตามที่คาดหวังไว้ จึงไม่สามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ ผู้ป่วย 1 ราย ที่พบการกลายพันธุ์มี allele burden เพียงร้อยละ 0.65 จึงทำให้ไม่เห็นลักษณะทางคลินิกของ MPN สอดคล้องกับข้อมูลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง allele burden กับระดับของ myeloproliferation ที่มีมาก่อนหน้านี้ [17]

การศึกษาที่ผ่านมาพบความสัมพันธ์ระหว่างการกลายพันธุ์ของ JAK2 ในผู้ที่ยังไม่มีลักษณะทางคลินิกของ MPN กับ thrombosis ของทั้งเส้นเลือดดำและเส้นเลือดแดง การศึกษาในผู้ป่วย splanchnic vein thrombosis พบความชุกของการกลายพันธุ์ของ JAK2 ร้อยละ 31.5[3] การศึกษาในผู้ป่วย abdominal venous thrombosis ซึ่งใช้เทคนิค ultradeep sequencing ซึ่งมีความไวสูงกว่าวิธีมาตรฐานในการตรวจหาการกลายพันธุ์ของ JAK2 พบความชุกร้อยละ 19 โดยพบว่าบางรายมี allele burden ต่ำกว่าร้อยละ 1[18] การศึกษาในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบพบความชุกของการกลายพันธุ์ของ JAK2 ร้อยละ 11.3[9] การศึกษาในผู้ป่วยกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดในอายุน้อย พบการกลายพันธุ์ของ JAK2 ร้อยละ 2.1 เทียบกับร้อยละ 0.4 ในกลุ่มควบคุม (Atherosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology Italian Study Group) การศึกษาเดียวกันนี้ยังพบว่าการกลายพันธุ์ของ JAK2 ชนิด V167F ยังเพิ่มโอกาสเสี่ยงในการเกิดเส้นเลือดหัวใจตีบโดยรวมมากถึง 12 เท่า[16] การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ thrombosis กับการกลายพันธุ์ของ JAK2 ในผู้ป่วยที่ไม่มีลักษณะทางคลินิกของ MPN การศึกษาการกลายพันธุ์ของ JAK2 ในประเทศไทยมีเพียงการศึกษาเดียว โดยศึกษาในผู้ป่วย thrombocytosis จำนวน 37 ราย และ Budd-Chiari syndrome จำนวน 2 ราย พบความชุกของการกลายพันธุ์ของ JAK2 ร้อยละ 29.7 และ ร้อยละ 50 ตามลำดับ[19] อย่างไรก็ดี การศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาการ กลายพันธุ์ของ JAK2 ในผู้ที่มีลักษณะทางคลินิกของ MPN แล้ว ซึ่งต่างจากการศึกษานี้

ข้อจำกัดของการศึกษานี้ได้แก่ จำนวนผู้ป่วยค่อนข้างน้อย ปัจจุบันคณะผู้วิจัยวางแผนเพิ่มระยะเวลาการเก็บข้อมูลออกไปอีก 1 ปี เพื่อเพิ่มขนาดประชากรให้ใหญ่ขึ้นเพื่อความมั่นใจในการสรุปผล การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ทำการศึกษาจึงไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้ดีนัก จำเป็นต้องอาศัยการศึกษาแบบไปข้างหน้า (cohort study) ที่เฝ้าติดตามการเกิดเหตุการณ์ thrombosis ของหลอดเลือด ในผู้ที่มีและไม่มีการกลายพันธุ์เปรียบเทียบกัน การศึกษานี้ไม่ได้รวบรวมผู้ป่วย cardioembolic stroke เข้าไว้ด้วย เนื่องจากต้องการศึกษาเฉพาะโรคที่มีสาเหตุจาก atherosclerosis เท่านั้น ซึ่งอาจมีผลต่ออัตราความชุกของการกลายพันธุ์นี้ได้ นอกจากนี้ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลความชุกของการกลายพันธุ์ของ JAK2 ในประชากรทั่วไปของคนไทยเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ข้อจำกัดเหล่านี้ เป็นสิ่งที่ต้องปรับปรุงในงานวิจัยในอนาคต

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกในประเทศไทยที่ตรวจหาความชุกของการกลายพันธุ์ของ JAK2 ในประชากรกลุ่มโรคหลอดเลือดสมองตีบและหลอดเลือดหัวใจตีบ จากผลการศึกษานี้พบอัตราการกลายพันธุ์ของ JAK2 เพียง ร้อยละ 0.42 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบ และไม่พบในกลุ่มโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ ซึ่งต่ำกว่าการศึกษาที่กล่าวไว้ในข้างต้น จึงยังไม่พบหลักฐานสนับสนุนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างการกลายพันธุ์ JAK2 กับการเกิด thrombosis ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบและโรคหลอดเลือดหัวใจตีบในประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากงบประมาณรายได้ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ 2568 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หอผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง หอผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่ช่วยในการรวบรวมตัวอย่างเลือด และหน่วยวิจัยธาลัสซีเมีย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร รวมถึง ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

1. Baxter EJ, Scott LM, Campbell PJ, et al. Acquired mutation of the tyrosine kinase JAK2 in human myeloproliferative disorders. Lancet. 2005;365(9464):1054–1061.
2. Elliott MA, Tefferi A. Thrombosis and hemorrhage in polycythaemia vera and essential thrombocythaemia. Br I Haematol. 2005;128:275–290.
3. De Stefano V, Fiorini A, Rossi E, et al. Incidence of the JAK2 V617F mutation among patients with splanchnic or cerebral venous thrombosis and without overt chronic myeloproliferative disorders. J Thromb Haemost. 2007;5(4):708–714.
4. Enblom A, Lindskog E, Hasselbalch HC, et al. High rate of abnormal blood values and vascular complications before diagnosis of myeloproliferative neoplasms. Eur J Intern Med. 2015;26(5):344–347.
5. Sørensen AL, Hasselbalch HC. Antecedent cardiovascular disease and autoimmunity in Philadelphia–negative chronic myeloproliferative neoplasms. Leuk Res. 2016;41:27–35.
6. Cordua S, Kjaer L, Skov V, et al. Prevalence and phenotypes of JAK2 V617F and calreticulin mutations in a Danish general population. Blood. 2019;134(5):469–479.

7. Nielsen C, Birgens HS, Nordestgaard BG, Bojesen SE. Diagnostic value of JAK2 V617F somatic mutation for myeloproliferative cancer in 49,488 individuals from the general population. Br J Haematol. 2013; 160(1):70–79.
8. Xu X, Zhang Q, Luo J, et al. JAK2 (V617F): Prevalence in a large Chinese hospital population. Blood. 2007;109(1):339–342.
9. Kristiansen MH, Kjær L, Skov V, et al. JAK2 V617F mutation is highly prevalent in patients with ischemic stroke: a case–control study. Blood Advances. 2023; 7(19):5825–5834.
10. Hasselbalch HC. Perspectives on chronic inflammation in essential thrombocythemia, polycythemia vera, and myelofibrosis: is chronic inflammation a trigger and driver of clonal evolution and development of accelerated atherosclerosis and second cancer? Blood. 2012;119(14):3219–3225.
11. Tefferi A, Vainchenker W. Myeloproliferative neoplasms: molecular pathophysiology, essential clinical understanding, and treatment strategies. J Clin Oncol. 2011;29(5):573–582.
12. Hansson GK, Hermansson A. The immune system in atherosclerosis. Nat Immunol. 2011;12(3):204–212.
13. Davì G, Patrono C. Platelet activation and atherothrombosis. N Engl J Med. 2007;357(24):2482–2494.
14. Totani L, Evangelista V. Platelet–leukocyte interactions in cardiovascular disease and beyond. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 2010;30(12):2357–2361.
15. Kaptoge S, Di Angelantonio E, Lowe G, et al. C–reactive protein concentration and risk of coronary heart disease, stroke, and mortality: an individual participant meta–analysis. Lancet. 2010;375(9709):132–140.
16. Jaiswal S, Natarajan P, Silver AJ, et al. Clonal hematopoiesis and risk of atherosclerotic cardiovascular disease. N Engl J Med. 2017;377(2):111–121.
17. Larsen TS, Pallisgaard N, Møller MB, Hasselbalch HC. The JAK2 V167F allele burden in essential thrombocythaemia, polycythaemia vera and primary myelofibrosis–impact on disease phenotype. Eur J Hematol. 2007;79(6):508–515.
18. Henze L, Grunwald L, Felser S, et al. Abdominal venous thromboses: detection of the JAK2 p.V617F mutation by next–generation ultradeep sequencing — A prevalence study of patients in Mecklenburg–West Pomerania (2017–2021). Front Med (Lausanne). 2024;10:1344769.
19. Magmuang S, Singdong R, Chareonsirisuthigul T, et al. Determination of the JAK2 V617F mutation in thrombosis patients. Journal of Associated Medical Sciences. 2023;56(3):34–41.

อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมของการเก็บรักษาดีเอ็นเออิสระในน้ำคร่ำสำหรับการตรวจสอบเบต้า–ธาลัสซีเมีย

Suitable temperature and period of preserving cell–free DNA in amniotic fluid supernatant for detection of beta–thalassemia

สิริธร มังคละศรี[1], ขวัญฤดี มหิงษา[2], อรุณี ปิงยศ[2], วรรณวิภา แสงศรีจันทร์[2], นุจิรา ทาตัน[1] และ เนรัฐชลา สุวรรณคนธ์[1*]

Sirithon Mangkhalasi[1], Khwanruedee Mahingsa[2], Arunee Pingyod[2], Wanwipa Sangsrijun[2], Nujira Tatun[1] and Narutchala Suwannakhon[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำคร่ำส่วน supernatant เพื่อนำมาสกัด Cell–free DNA (cfDNA) น้ำคร่ำที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงและนำส่วนของที่เป็นเซลล์ออกไปแล้วจะใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ โดยนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –20 °C และ –80 °C ที่เวลา 0, 1, 3 และ 6 เดือน เมื่อครบเวลานำมาสกัด cfDNA ด้วยชุดสกัดทางการค้า และตรวจสอบเบต้า–ธาลัสซีเมียมิวเทชัน ได้แก่ CD17, CD26 (Hb E), CD27/28, CD35, CD41/42 และ IVS1–1 ด้วยเทคนิค ARMS Real–time PCR และเปรียบเทียบค่า Cycle threshold (Ct) ในแต่ละสภาวะ ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษา supernatant ของน้ำคร่ำมีผลต่อคุณภาพของ cfDNA ในการตรวจวินิจฉัยเบต้า–ธาลัสซีเมียมิวเทชัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเก็บที่ –80 °C ให้ค่า Ct ต่ำ (Wild type = 33.17 ± 1.93; Mutant = 34.02 ± 1.69) แสดงถึงการคงสภาพของสารพันธุกรรมได้ดี ขณะที่การเก็บที่ –20 °C ให้ค่า Ct สูงกว่า (Wild type = 34.74 ± 1.91; Mutant = 35.43 ± 1.90) ดังนั้น cfDNA จากsupernatant ของน้ำคร่ำที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ –20 °C และ –80 °C มีเสถียรภาพที่สามารถนำมาตรวจสอบเบต้า–ธาลัสซีเมียได้ และเป็นแนวทางในการใช้ตัวอย่างสิ่งส่งตรวจอย่างคุ้มค่า และลดการทำหัตการซ้ำของหญิงตั้งครรภ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แอมนิโอติก ฟลูอิด, เบต้า–ธาลัสซีเมีย, ดีเอ็นเออิสระ, การวินิจฉัยก่อนคลอด

[1] สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา 56000

[2] ศูนย์บริการธาลัสซีเมีย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

[1] Program in Biology, School of Science, University of Phayao

[2] Thalassemia service center, University of Phayao hospital, School of medical, University of Phayao

* Corresponding author : narutchala.su@up.ac.th

Abstract

This study aimed to determine the optimal temperature and storage duration of amniotic fluid supernatant for extracting cell–free DNA (cfDNA). Amniotic fluid samples that had been centrifuged and depleted of cellular components were used and stored at –20 °C and –80 °C for 0, 1, 3, and 6 months. After each storage period, cfDNA was extracted using a commercial extraction kit and analyzed for β–thalassemia mutations, including CD17, CD26 (Hb E), CD27/28, CD35, CD41/42, and IVS1–1, by ARMS Real–time PCR. The Cycle threshold (Ct) values were compared across all conditions. The results showed that storage temperature significantly affected cfDNA quality for β–thalassemia mutation detection. Samples stored at –80 °C yielded lower Ct values (Wild type = 33.17 ± 1.93; Mutant = 34.02 ± 1.69), indicating better preservation of genetic material, while samples stored at –20 °C showed higher Ct values (Wild type = 34.74 ± 1.91; Mutant = 35.43 ± 1.90). Therefore, cfDNA from amniotic fluid supernatant stored at –20 °C and –80 °C remains stable and suitable for β–thalassemia analysis, providing a practical guideline for efficient specimen utilization and reducing the need for repeated invasive procedures in pregnant women.

Keywords: Amniotic fluid, Beta–thalassemia, Cell–free DNA, Prenatal diagnosis

บทนำ

เบต้า–ธาลัสซีเมีย (Beta–Thalassemia/β–thalassemia) เป็นโรคทางพันธุกรรมที่มีความรุนแรงและพบบ่อยในประเทศไทย โดยมีอัตราความชุกประมาณ 3–9% ของประชากร (สมาคมโลหิตวิทยา, 2563) ความชุกของยีนเบต้า–ธาลัสซีเมียในภาคเหนือของประเทศไทยพบใกล้เคียงกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่มีความแตกต่างจากที่พบในภาคใต้และภาคกลางของประเทศไทย (Sirichotiyakul et al, 2003) การวินิจฉัยก่อนคลอด (prenatal diagnosis, PND) มีบทบาทสำคัญในการคัดกรองและป้องกันการเกิดผู้ป่วยรายใหม่ ปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยก่อนคลอดทารกในครรภ์จะใช้วิธีแบบรุกล้ำ (invasive diagnosis) เช่น การเจาะน้ำคร่ำ (Amniocentesis) การตรวจชิ้นเนื้อรก (Chorionic villus sampling, CVS) และการเจาะเลือดสายสะดือ (Cordocentesis) อย่างไรก็ตาม วิธีการตรวจแบบรุกล้ำ ยังมีความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อน เช่น การแท้งบุตร การรั่วของน้ำคร่ำ หรือการคลอดก่อนกำหนด รวมถึงการเกิดการปนเปื้อนเลือดของแม่ (Ghi et al, 2016; Liu et al., 2023) ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาการตรวจคัดกรองก่อนคลอดแบบไม่รุกล้ำ (Non–Invasive Prenatal Testing; NIPT) โดยใช้ cell–free fetal DNA (cffDNA) ที่พบในพลาสสมาของมารดา (Lo et al., 1997) ข้อจำกัดของการตรวจ NIPT คือ ปริมาณดีเอ็นเอของทารกในครรภ์ที่พบปริมาณน้อยทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการการตรวจ (Deng et al, 2022) ขณะที่ในน้ำคร่ำพบว่ามี cffDNA เข้มข้นมากกว่า 100 – 200 เท่า (ต่อมิลลิลิตรของน้ำคร่ำ) (Bianchi et al, 2001) นอกจากนี้การสกัด cfDNA จากน้ำคร่ำในส่วนของของเหลว (Amniotic fluid supernatant) ด้วยชุดสกัด QIAamp Blood mini Kits และตรวจด้วยวิธี ARMS Real–time PCR สามารถใช้วินิจฉัยก่อนคลอดเบต้า–ธาลัสซีเมียได้ (Soltani et al, 2016) แม้ปัจจุบันจะมีความก้าวหน้าอย่างมากในด้านเทคนิคการตรวจวิเคราะห์ cell–free nucleic acids (cfNAs) ยังคงเป็นความท้าทาย เนื่องจากมีปัจจัยที่ซับซ้อนหลายประการ เช่น การปนเปื้อนจากการย่อยสลายของเซลล์หลังการเก็บตัวอย่าง การปล่อยกรดนิวคลีอิกเพิ่มเติมเข้าสู่ของเหลวชีวภาพที่เก็บ รวมถึงอายุครึ่งชีวิตที่สั้น ความเข้มข้นต่ำ และการแตกตัวของโมเลกุล ซึ่งสามารถส่งผลต่อความถูกต้องและความถูกตรงของผลการตรวจวิเคราะห์ (Martignano, 2019; Zhao et al., 2019) รวมถึงคุณภาพของ cfDNA ที่ได้จากตัวอย่างขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งมีผลโดยตรงต่อเสถียรภาพและปริมาณ cfDNA ที่สามารถตรวจได้ (Ungerer et al., 2020) โดยทั่วไป cfDNA ควรได้รับ

การสกัดทันทีหลังการเก็บตัวอย่าง และหากจำเป็นต้องเก็บรักษาชั่วคราว ควรเก็บในอุณหภูมิต่ำกว่า -20 °C ส่วนการเก็บรักษาในระยะยาวควรเก็บที่ -80 °C เพื่อป้องกันการสลายของโมเลกุลดีเอ็นเอ (El Messaoudi et al., 2013) ทั้งนี้ ควรมีการควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาอย่างเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงการปลดปล่อย genomic DNA และการสลายของ cfDNA (Pös et al., 2020) นอกจากกระบวนการขนส่งตัวอย่างยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของ cfDNA ระหว่างการเก็บและวิเคราะห์ เนื่องจากแรงสั่นสะเทือน อุณหภูมิที่สูง และระยะเวลาการขนส่งที่ยาวนาน อาจกระตุ้นให้เกิดการแตกของเซลล์เม็ดเลือดขาว ทำให้ genomic DNA ปนเปื้อน ส่งผลต่อสัดส่วน cfDNA (El Messaoudi et al., 2013; Ungerer et al., 2020) ทั้งนี้การขนส่งที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ (ambient transport) โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้เวลาขนส่งเกินกว่า 6 ชั่วโมง มีรายงานว่าทำให้เกิด hemolysis และ cfDNA fragmentation เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Li et al., 2021) อย่างไรก็ตามในประเทศไทย ห้องปฏิบัติการของหน่วยงานรัฐบาลหลายแห่งมีข้อจำกัดของตู้ควบคุมอุณหภูมิในการเก็บตัวอย่างและยังมีข้อจำกัดในหลายด้าน ทำให้ไม่สามารถจัดหาตู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ -80°C ที่เพียงพอต่อการเก็บรักษาตัวอย่างได้ เพื่อหาแนวทางที่สามารถปรับใช้ในห้องปฏิบัติการที่มีทรัพยากรจำกัด และเพื่อให้สามารถดำเนินการตรวจคัดกรองทางพันธุกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ ระยะเวลาในการเก็บรักษา cfDNA ก่อนการสกัดอาจส่งผลต่อคุณภาพของผลการตรวจ หาก cfDNA เสื่อมสลายหรือเกิดการปนเปื้อนเซลล์จากมารดา ซึ่งส่งผลต่อการตรวจวินิจฉัยก่อน และอาจทำให้ไม่สามารถรายงานผลได้ตามกำหนด (ภายใน 3–4 สัปดาห์) และแพทย์จำเป็นต้องดำเนินหัตถการซ้ำ ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนทั้งต่อมารดาและทารก แพทย์อาจต้องพิจารณาการดำเนินหัตถการอื่น ๆ เช่น การเจาะเลือดจากสายสะดือทารกในครรภ์ (Cordocentesis) เป็นต้น

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ (-20°C และ -80°C) และระยะเวลาในการเก็บรักษา supernatant ของน้ำคร่ำ (0, 1, 3 และ 6 เดือน) ต่อคุณภาพ cfDNA ที่สกัดจาก amniotic fluid supernatant เพื่อกำหนดแนวทางการจัดเก็บที่เหมาะสมและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการที่มีทรัพยากรจำกัด เพื่อตรวจวินิจฉัยก่อนคลอดโรคธาลัสซีเมีย โดยเป็นการใช้ตัวอย่างอย่างคุ้มค่า เพื่อช่วยลดการทำหัตถการซ้ำได้ในตัวอย่างที่จำเป็นต้องทำหัตถการซ้ำ

วิธีวิทยาการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำคร่ำส่วน supernatant ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับมาจากศูนย์บริการธาลัสซีเมีย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา โดยในขั้นตอนของห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างน้ำคร่ำจะถูกปั่นแยกที่ความเร็ว 3,200 rpm เพื่อแยกส่วนของตะกอนเซลล์ (pellet) ออกจากส่วนของของเหลวใส (supernatant) ซึ่งส่วนของตะกอนเซลล์ (pellet) จะถูกนำไปใช้ในการตรวจวินิจฉัยก่อนคลอดด้วยวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ ส่วนผู้วิจัยจึงได้นำส่วนของ supernatant เป็นตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อประเมินผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพและปริมาณของ cell-free DNA (cfDNA) เมื่อได้รับตัวอย่างน้ำคร่ำส่วนของ supernatant จะถูกนำมาปั่นซ้ำอีกครั้งที่ความเร็ว 14,000 rpm จากนั้นแบ่งบรรจุลงในหลอด cryovial ปริมาตร 350 ไมโครลิตร และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C และ -80°C ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างบางส่วนปริมาตร 200 ไมโครลิตร จะถูกนำไปสกัดดีเอ็นเอทันที (Control) ด้วยชุดสกัด QIAamp DNA Blood mini Kits (Qiagen, Germany) และเมื่อครบระยะเวลา 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน ตัวอย่างจากแต่ละอุณหภูมิ (อุณหภูมิละ 1 หลอด) จะถูกนำออกมาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดเดียวกัน จากนั้น cfDNA ที่ได้จะถูกนำไปทดสอบและเปรียบเทียบกับผลมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นผลการตรวจวินิจฉัยความผิดปกติของยีน *HBB* (Hemoglobin subunit beta) ที่เป็นสาเหตุของโรคเบต้า-ธาลัสซีเมีย (β-thalassemia)

โครงการวิจัยผ่านการรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา หมายเลขใบรับรอง HREC-UP-HSST 1.3/038/67 อนุมัติเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2567

2. ขั้นตอนการสกัด Cell-free DNA ด้วยชุดสกัด QIAamp DNA Blood mini Kits (Qiagen, Germany)

ตัวอย่างน้ำคร่ำส่วน supernatant ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ใส่ลงใน microcentrifuge tube ขนาด 1.5 ไมโครลิตร จากนั้นเติม Proteinase K ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และ Buffer AL ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 56 °C เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาเติม Ethanol (97-100%) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมและปั่นตกตะกอนอีกครั้ง จากนั้นนำสารละลายทั้งหมดใส่ลงใน QIAamp Mini spin column และปั่นที่ความเร็ว 8,000 rpm เป็นเวลา 1 นาที ล้างด้วย Buffer AW1 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 rpm เป็นเวลา 1 นาที และล้างอีกครั้งด้วย Buffer AW2 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และปั่นเหวี่ยงที่ 14,000 rpm เป็นเวลา 3 นาที และปั่นแห้งอีกครั้งที่ 14,000 rpm เป็นเวลา 1 นาที เติม Buffer AE ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในคอลัมน์ ตั้งพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที ครบเวลาปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 rpm เป็นเวลา 1 นาที เก็บสารละลายดีเอ็นเอที่ได้ที่อุณหภูมิ -20˚C ก่อนนำไปใช้งาน

3. การตรวจสอบเบต้า-ธาลัสซีเมียด้วยเทคนิค Real-time PCR

เตรียมส่วนประกอบปฏิกิริยาพีซีอาร์ประกอบด้วย 10x PCR buffer ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, 50 mM $MgCl_2$ ปริมาตร 0.6 ไมโครลิตร, 10 mM dNTPs ปริมาตร 0.4 ไมโครลิตร, 5 µM Primer mix ปริมาตร 1.6 ไมโครลิตร (สำหรับตำแหน่งการกลายพันธุ์ CD26 ใช้ปริมาตร 2.4 ไมโครลิตร), 50 µM SYTO9 ปริมาตร 0.8 ไมโครลิตร, Platinum Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.1 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 9.5 ไมโครลิตร (สำหรับตำแหน่งการกลายพันธุ์ CD26 ใช้ปริมาตร 8.7 ไมโครลิตร) หลังจากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยเครื่อง Bio-Red CFX96 real-time system (Laboratoaories, Hercules, CA, USA) โดยตั้งโปรแกรมการทำงานดังนี้ กระบวนการ Pre-denature ที่อุณหภูมิ 94 °C เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วย Denature ที่อุณหภูมิ 94 °C เป็นเวลา 0.15 วินาที ต่อด้วย Annealing ที่อุณหภูมิ 62 °C เป็นเวลา 0.20 วินาที และ Extension 72 °C เป็นเวลา 0.10 วินาที หลังจากนั้นทำการตรวจวัดการเรืองแสงของ SYBR Green ในช่วงอุณหภูมิ 75–95 °C โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 °C ทั้งหมดจำนวน 40 รอบปฏิกิริยา (cycles)

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่า Cycle threshold (Ct) และค่า Melting temperature (Tm) ของ Cell-free DNA (cfDNA) ที่สกัดได้จากตัวอย่างน้ำคร่ำส่วน supernatant ของคู่สมรสเสี่ยงต่อการให้บุตรที่เป็นโรค β-thalassemia การศึกษานี้แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่ง เป็นการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน9 ราย ซึ่งประกอบด้วยการกลายพันธุ์ของยีน *HBB* ได้แก่ CD17, CD26 (Hb E), CD27/28, CD35, CD41/42 และ IVS1-1 ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ทั้งด้าน อุณหภูมิการเก็บรักษา (storage temperature) และ ระยะเวลาในการเก็บรักษา (storage time) เพื่อประเมินผลของปัจจัยดังกล่าวต่อคุณภาพและปริมาณ cfDNA ที่สกัดได้ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Cycle threshold (Ct) และ Melting temperature (Tm) ในการเปรียบเทียบในส่วนของชนิดธาลัสซีเมียมิวเทชันได้เลือกใช้ตัวอย่างมิวเทชันที่มีจำนวนตัวอย่างซ้ำ 3 ราย (CD17, CD26 และ CD41/42) รวมทั้งสิ้น 6 ราย จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 9 ราย

การตรวจวิเคราะห์ใช้เทคนิค Amplification Refractory Mutation System Real-time PCR (ARMS Real-time PCR) เพื่อประเมินประสิทธิภาพและเสถียรภาพของ cfDNA ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ข้อมูลค่า Ct และ Tm ที่ได้จากการทดลองถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics เวอร์ชั่น 26.0 เพื่อเปรียบเทียบ

ความแตกต่างตามปัจจัยที่ศึกษา ทั้งนี้การตรวจวิเคราะห์มุ่งเน้นไปที่การกลายพันธุ์ในยีน *HBB* (Hemoglobin subunit beta) ซึ่งเป็นยีนหลักที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค β-thalassemia

ผลการศึกษา

1. ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำคร่ำ

จากค่า Ct และค่า Tm ของ cell-free DNA (cfDNA) ที่สกัดจากน้ำคร่ำส่วน supernatant ภายใต้ระยะเวลาเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0 (Fresh), 1, 3 และ 6 เดือน พบว่า ค่า Ct และค่า Tm ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการตรวจสอบเบต้า-ธาลัสซีเมียมิวเทชัน ทั้งที่ใช้ไพรเมอร์ Wild type (WT) และไพรเมอร์ Mutant (MU) พบว่าในการสกัด cfDNA จาก supernatant ของน้ำคร่ำทันที (0 เดือน) มีค่าเฉลี่ย Ct และค่า Tm ไพรเมอร์ WT เฉลี่ย 33.91 ± 2.22 และ 82.78 ± 1.94 °C ตามลำดับ ส่วนไพรเมอร์ MU มีค่าเฉลี่ย 34.54 ± 1.92 และ 82.98 ± 2.36°C ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลา 1 เดือน ไพรเมอร์ WT มีค่าเฉลี่ย 33.81 ± 2.11 และ 82.80 ± 1.95 °C ส่วนไพรเมอร์ MU มีค่าเฉลี่ย 34.75 ± 1.88 และ 83.05 ± 2.34 °C ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 3 เดือน ไพรเมอร์ WT มีค่าเฉลี่ย 34.11 ± 2.19 และ 82.79 ± 1.91 °C ตามลำดับ ส่วนไพรเมอร์ MU มีค่าเฉลี่ย 34.70 ± 2.06 และ 83.01 ± 2.34 °C ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลา 6 เดือน ไพรเมอร์ WT มีค่าเฉลี่ย 33.96 ± 1.94 และ 82.79 ± 1.91 °C ตามลำดับ ส่วนไพรเมอร์ MU มีค่าเฉลี่ย 34.73 ± 1.94 และ 83.01 ± 2.34 °C ตามลำดับ (ตาราง 1) ค่าเฉลี่ย Ct และค่า Tm ในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งในกลุ่มที่ใช้ไพรเมอร์ WT และไพรเมอร์ MU ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษา cfDNA ตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 6 เดือน ไม่ส่งผลต่อค่า Ct และค่า Tm

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย Cycle threshold (Ct) และค่า Melting temperature (Tm) ของ cfDNA ในการตรวจสอบเบต้า-ธาลัสซีเมีย

ระยะเวลา	Wild type (WT)		Mutant (MU)	
	Ct (Mean ± SD)	Tm (Mean ± SD, °C)	Ct (Mean ± SD)	Tm (Mean ± SD, °C)
Fresh (0)	33.91 ± 2.22	82.78 ± 1.94	34.54 ± 1.92	82.98 ± 2.36
1 เดือน	33.81 ± 2.11	82.85 ± 1.93	34.75 ± 1.88	83.02 ± 2.36
3 เดือน	34.11 ± 2.19	82.81 ± 1.96	34.70 ± 2.06	83.09 ± 2.40
6 เดือน	33.96 ± 1.94	82.72 ± 1.93	34.73 ± 1.94	82.98 ± 2.34

* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05; [a] ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, [b] แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษา

ค่า Ct และค่า Tm ของ cell-free DNA (cfDNA) ที่สกัดจากน้ำคร่ำส่วน supernatant ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน ได้แก่ Control (สกัด cell-free DNA ทันที), -20°C และ -80°C พบว่าค่า Ct และค่า Tm ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการตรวจสอบเบต้า-ธาลัสซีเมียมิวเทชัน ทั้งที่ใช้ไพรเมอร์ Wild type (WT) และไพรเมอร์ Mutant (MU) มีแนวโน้มแตกต่างกันตามอุณหภูมิการเก็บรักษา โดย cfDNA ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -80°C ให้ค่า Ct ต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยไพรเมอร์ WT เฉลี่ย 33.17 ± 1.93 และไพรเมอร์ MU เฉลี่ย 34.02 ± 1.69 รองลงมาคือการเก็บรักษาในสภาวะ Control มีค่าเฉลี่ย Ct ไพรเมอร์ WT เฉลี่ย 33.91 ± 2.22 และไพรเมอร์ MU มีค่าเฉลี่ย 34.54 ± 1.92 และสุดท้ายคือ การเก็บรักษาที่สภาวะ -20°C ซึ่งมีค่า Ct สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยไพรเมอร์ WT เฉลี่ย 34.74 ± 1.91 และ

ไพรเมอร์ MU เฉลี่ย 35.43 ± 1.90 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ย Ct ของ cfDNA ที่เก็บรักษาที่ –20°C แตกต่างจากกลุ่ม Control และ –80°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ ค่า Tm ของไพรเมอร์ WT และไพรเมอร์ MU ไม่แตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิการเก็บรักษา ($p > 0.05$) ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษา cfDNA ที่ –80°C เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่า Ct ต่ำสุดและมีความแปรปรวนต่ำสุด ขณะที่การเก็บรักษาที่ –20 °C ส่งผลให้ค่า Ct เพิ่มขึ้นประมาณ 1 ถึง 2 รอบ ซึ่งสะท้อนถึงการลดลงของความเสถียรของ cfDNA เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่ –80°C (ตาราง 2)

เมื่อพิจารณาค่า Ct และค่า Tm ตามตำแหน่งการกลายพันธุ์ในยีน *HBB* ซึ่งเกี่ยวข้องกับโรค β–thalassemia จำนวน 3 ตำแหน่ง ได้แก่ CD17, CD26 (Hb E) และ CD41/42 พบว่าค่า Ct และค่า Tm ของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ไพรเมอร์ WT และ ไพรเมอร์ MU มีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งการกลายพันธุ์ ดังนี้ ตำแหน่งการกลายพันธุ์ CD17 ค่าเฉลี่ยของไพรเมอร์ WT มีค่า Ct เท่ากับ 34.76 ± 1.38 และค่า Tm เท่ากับ 81.14 ± 0.31°C ส่วนไพรเมอร์ MU มีค่า Ct เท่ากับ 35.23 ± 0.85 และค่า Tm เท่ากับ 80.96 ± 0.43°C ส่วนตำแหน่งการกลายพันธุ์ CD26 (Hb E) ไพรเมอร์ WT มีค่า Ct เฉลี่ย 35.63 ± 0.83 และค่า Tm เฉลี่ย 85.19 ± 0.15°C ส่วนไพรเมอร์ MU มีค่า Ct เฉลี่ย 34.51 ± 2.38 และค่า Tm เฉลี่ย 85.13 ± 0.19°C และตำแหน่งการกลายพันธุ์ CD41/42 ไพรเมอร์ WT มีค่า Ct เฉลี่ย 32.17 ± 2.43 และค่า Tm เฉลี่ย 81.64 ± 0.37°C ส่วนไพรเมอร์ MU มีค่า Ct เฉลี่ย 32.99 ± 0.82 และค่า Tm เฉลี่ย 82.17 ± 0.11°C ผลการศึกษาพบว่า ค่า Ct และค่า Tm ของ cfDNA มีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งการกลายพันธุ์ของยีน HBB ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึง ความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ของเทคนิค ARMS Real–time PCR ในการตรวจจำแนก cfDNA ระหว่างไพรเมอร์ WT และไพรเมอร์ MU ได้อย่างแม่นยำ (ตาราง 3)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่า Cycle threshold (Ct) และค่า Melting temperature (Tm) ของ cfDNA ตามอุณหภูมิการเก็บรักษา (Storage)

อุณหภูมิ (Storage)	Wild type (WT)		Mutant (MU)	
	Ct (Mean ± SD)	Tm (Mean ± SD, °C)	Ct (Mean ± SD)	Tm (Mean ± SD, °C)
Fresh (0)	33.91 ± 2.22[a]	82.78 ± 1.94	34.54 ± 1.92[a]	82.98 ± 2.36
–20 °C	34.74 ± 1.91[b]	82.80 ± 1.95	35.43 ± 1.90[b]	83.05 ± 2.34
–80 °C	33.17 ± 1.93[a]	82.79 ± 1.91	34.02 ± 1.69[a]	83.01 ± 2.34

* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05; [a] ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, [b] แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่า Cycle threshold (Ct) และค่า Melting temperature (Tm) ของ cfDNA จำแนกตามตำแหน่งการกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์	Wild type (WT)		Mutant (MU)	
	Ct (Mean ± SD)	Tm (Mean ± SD, °C)	Ct (Mean ± SD)	Tm (Mean ± SD, °C)
CD17	34.76 ± 1.38[a]	81.14 ± 0.31[b]	35.23 ± 0.85[a]	80.96 ± 0.43[a]
CD26 (Hb E)	35.63 ± 0.83[a]	85.19 ± 0.15[c]	34.51 ± 2.38[a]	85.13 ± 0.19[b]
CD41/42	32.17 ± 2.43[b]	81.64 ± 0.37[a]	32.99 ± 0.82[b]	82.17 ± 0.11[ab]

* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05; [a] ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, [b,c] แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ [ab] ไม่แตกต่างจากกลุ่ม a และ b

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาน้ำคร่ำส่วน supernatant ที่อุณหภูมิ −80 °C ให้ค่า Ct เฉลี่ย 33.17 ± 1.93 ซึ่งต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ −20 °C ซึ่งมีค่า Ct เฉลี่ยสูงกว่า ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ −80 °C ช่วยคงเสถียรภาพของ cfDNA ได้ดีกว่า ทั้งนี้ สอดคล้องกับรายงานของ Biorepositories and Biospecimen Research Branch (2020) และ Shin et al. (2022) ที่รายงานว่า cfDNA ควรเก็บในอุณหภูมิต่ำกว่า −80 °C เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาคุณภาพและความสมบูรณ์ของดีเอ็นเอ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา (0, 1, 3 และ 6 เดือน) พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่า Ct อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งบ่งชี้ว่า cfDNA สามารถคงคุณภาพได้ดีภายใน 6 เดือน หากมีการเก็บรักษาในอุณหภูมิอย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Soltani et al. (2016) ที่ระบุว่าสามารถเก็บ cfDNA จาก amniotic fluid ได้ในระยะเวลาหลายเดือนโดยไม่สูญเสียคุณภาพ เมื่อมีการควบคุมอุณหภูมิและสภาวะแวดล้อมอย่างเหมาะสม

ในทางคลินิก ระยะเวลาในการเก็บรักษาตัวอย่าง cfDNA ภายใน 6 เดือน จะมาสามารถครอบคลุมกับระยะเวลาการตรวจวิเคราะห์มาตรฐานของห้องปฏิบัติการวินิจฉัยก่อนคลอด โดยทั่วไป การเจาะน้ำคร่ำจะดำเนินการในช่วงอายุครรภ์ประมาณ 16 สัปดาห์ขึ้นไป และผลการตรวจทางห้องปฏิบัติมักใช้เวลา 3 ถึง 4 สัปดาห์ การเจาะน้ำคร่ำถือเป็นหัตถการมาตรฐานในการตรวจวินิจฉัยก่อนคลอด แต่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียของทารกในครรภ์ โดยเฉลี่ยอัตราการสูญเสียของทารกที่เกี่ยวข้องกับการเจาะน้ำคร่ำอยู่ที่ ประมาณ 0.11% โดยมีการรายงานอัตราการสูญเสีย 0.56% ภายใน 28 วัน และ 0.09% ภายใน 42 วัน หลังการทำหัตถการ (Jindal et al., 2023) หากตัวอย่างที่ส่งตรวจมีการปนเปื้อนและไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ แพทย์จำเป็นต้องนัดมารดาเข้ารับการทำหัตถการซ้ำ เช่น การเจาะเลือดจากสายสะดือของทารกในครรภ์ (cordocentesis) ซึ่งเป็นหัตถการที่มีความเสี่ยงสูงกว่า โดยมีรายงานว่าความเสี่ยงของการสูญเสียทารกในครรภ์จากหัตถการดังกล่าวอยู่ในช่วง 1–3% (Tabor & Alfirevic, 2010; Ghi et al., 2016) ดังนั้น การเก็บรักษาตัวอย่าง cfDNA จาก น้ำคร่ำส่วน supernatant ภายในระยะเวลา 6 เดือน ภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยเฉพาะ −80 °C จึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสูงในการนำน้ำคร่ำส่วน supernatant มาใช้ตรวจวิเคราะห์ทางพันธุกรรมทดแทนตัวอย่างที่ปนเปื้อน หรือในกรณีที่ทารกในครรภ์จำเป็นต้องตรวจวินิจฉัยก่อนคลอดโรคทางพันธุกรรมหลายชนิด เช่น การตรวจกลุ่มอาการดาวน์พร้อมกับต้องตรวจธาลัสซีเมีย ซึ่งต้องแบ่งน้ำคร่ำที่ได้มาตรวจทั้งสองโรค โดยในกลุ่มอาการดาวน์ต้องใช้เซลล์ในน้ำคร่ำในการเพาะเลี้ยงเพื่อตรวจทางโครโมโซมซึ่งถ้ามีตัวอย่างน้ำคร่ำน้อยอาจตรวจวิเคราะห์ไม่สำเร็จ ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการตรวจวินิจฉัยจริง จะช่วยลดความจำเป็นในการทำหัตถการซ้ำ ลดความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อน เพิ่มความปลอดภัยแก่ทั้งมารดาและทารก และส่งเสริมประสิทธิภาพของการวินิจฉัยก่อนคลอดได้

รายงานวิจัยของ Dietmar (2019) ระบุว่า การเก็บพลาสมาที่อุณหภูมิ 4 ถึง 8 °C และอุณหภูมิห้องภายใน 24–48 ชั่วโมง ไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของ cfDNA อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งแสดงว่าทั้งสองสภาวะสามารถคงเสถียรภาพของ cfDNA ได้ในระยะสั้น อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ระบุว่า ไม่ควรเก็บตัวอย่างเลือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C เป็นเวลานาน เนื่องจากอาจกระตุ้นให้เกิดการแตกของเซลล์ (cell lysis) ภายในหลอดเลือด ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของ genomic DNA ในตัวอย่าง แม้ผลการวิเคราะห์ในช่วงเวลาศึกษาจะยังไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญก็ตาม นอกจากนี้ Chan et al. (2003) รายงานว่า cfDNA จากพลาสมาของมารดายังคงคุณภาพและปริมาณได้ดี แม้เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ และยังมีเสถียรภาพสูงเมื่อเก็บที่ −80 °C เป็นเวลานานสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Peng et al. (2024) และ Shishido et al. (2020) ที่พบว่า cfDNA รวมถึง fetal cfDNA ในพลาสมาสามารถ

ตรวจพบได้แม้เก็บรักษาที่ -25 °C เป็นเวลาหลายปี แต่มีแนวโน้มที่ปริมาณ cfDNA จะแปรปรวนมากขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษา ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า แม้ cfDNA ยังคงมีเสถียรภาพ แต่มีความไวต่อปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลา อย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับการวิเคราะห์ตามชนิดของการกลายพันธุ์ในยีน *HBB* ได้แก่ CD17, CD26 (Hb E) และ CD41/42 พบว่าค่า Ct ของ cfDNA มีความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างไพรเมอร์ Wild type (WT) และไพรเมอร์ Mutant (MU) ในแต่ละตำแหน่งการกลายพันธุ์ สะท้อนถึงความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ของเทคนิค ARMS Real-time PCR ต่อการตรวจจับดีเอ็นเอเป้าหมายในแต่ละชนิดของมิวเทชัน โดยมีปัจจัยทั้งด้าน GC content และ primer binding site ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการขยายสัญญาณ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Liu et al. (2023) ระบุว่าตำแหน่งการกลายพันธุ์บางตำแหน่งในยีน *HBB* อาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการขยายสัญญาณด้วยเทคนิค Real-time PCR และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Suwannakhon et al. (2019) ที่รายงานการวิเคราะห์ cfDNA จากเลือดหญิงตั้งครรภ์ พบว่าค่า Melting temperature (Tm) ของตำแหน่งการกลายพันธุ์ CD17 เฉลี่ย 80.93 ± 0.23 °C ส่วนตำแหน่งการกลายพันธุ์ CD26 (Hb E) เฉลี่ย 84.70 ± 0.30 °C และตำแหน่งการกลายพันธุ์ CD41/42 เฉลี่ย 82.00 ± 0.25 °C ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลการทดลองในงานวิจัยนี้ ทั้งในแง่ของช่วงค่า Tm และความแตกต่างของอุณหภูมิการหลอมตัวระหว่างแต่ละตำแหน่งการกลายพันธุ์

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การเก็บ cfDNA ที่อุณหภูมิ –80 °C เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่า Ct ที่ต่ำและมีความแปรปรวนต่ำ แสดงถึงการคงคุณภาพของสารพันธุกรรมได้ดีที่สุด ในขณะที่การเก็บที่ –20 °C แม้ยังคงตรวจได้แต่มีแนวโน้มคุณภาพลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งในทางปฏิบัติอาจใช้เป็นทางเลือกสำหรับห้องปฏิบัติการที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร โดยควรสกัด cfDNA ภายในระยะเวลา ไม่เกิน 1–6 เดือน เพื่อป้องกันการเสื่อมสลายของ cfDNA ผลการศึกษาครั้งนี้มีความสำคัญต่อการช่วยป้องกันและควบคุมโรคเบต้า-ธาลัสซีเมีย เนื่องจากแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ cell-free DNA (cfDNA) จากน้ำคร่ำส่วนsupernatant ซึ่งเป็นตัวอย่างเหลือจากการตรวจวินิจฉัยก่อนคลอดแบบมาตรฐาน มาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ทางพันธุกรรมเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องทำหัตถการซ้ำ ซึ่งการทำหัตถการมีความเสี่ยงต่อการแท้งและภาวะแทรกซ้อนต่อมารดา อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนในการตรวจวินิจฉัยก่อนคลอด ซึ่งมีส่วนสำคัญในการบรรลุเป้าหมายของการลดอุบัติการณ์ของโรคธาลัสซีเมียในประเทศไทยอย่างยั่งยืน ดังนั้นการพัฒนาแนวทางการใช้ cfDNA ในน้ำคร่ำเป็นแหล่งตัวอย่างเสริมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบตรวจคัดกรองทางพันธุกรรม ลดภาระค่าใช้จ่ายของระบบสาธารณสุข และส่งเสริมการป้องกันโรคเชิงรุกอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยของนิสิตระดับมหาบัณฑิต หลักสูตรของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณหน่วยธาลัสซีเมีย โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้ความอนุเคราะห์ในการอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ ตัวอย่างทางชีวภาพ รวมถึงคำแนะนำและความรู้เชิงวิชาการ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สมาคมโลหิตวิทยาแห่งประเทศไทย. (2563). *แนวทางการดูแลผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย พ.ศ. 2563.* กรุงเทพฯ: สมาคมโลหิตวิทยาแห่งประเทศไทย

Bianchi, D.W., LeShane, E.S., Kaimal, S., Norwitz, E.R. and Rava, R.P. (2001). Analysis of fetal DNA in amniotic fluid supernatant: a potential source for noninvasive prenatal diagnosis. *Am J Obstet Gynecol,* 184(3), 443–8.

Biorepositories and Biospecimen Research Branch. (2020). *Best practices for biospecimen resources* (3rd ed.). National Institutes of Health.

Chan, K. C. A., Zhang, J., Hui, A. B. Y., Wong, N., Lau, T. K., Leung, T. N. and Lo, Y. M. D. (2003). Size distributions of maternal and fetal DNA in maternal plasma. *Clinical Chemistry, 49*(2), 1903–1908. https://doi.org/10.1373/49.2.1903

Deng, J., Lin, M., Zhou, Q., Wang, L., Xie, Y., Li, M., *et al.* (2022). Analysis of cell–free fetal DNA in maternal plasma for β–thalassemia screening. *Clinica Chimica Acta, 527*, 1–7.

Dietmar, S. (2019). Stability of plasma cell–free DNA at various storage conditions. *Journal of Molecular Diagnostics, 21*(4), 678–685.

El Messaoudi, S., Rolet, F., Mouliere, F. and Thierry, A. R. (2013). Circulating cell–free DNA: Preanalytical considerations. *Clinica Chimica Acta, 424*, 222–230. https://doi.org/10.1016/j.cca.2013.05.022

Enko, D., Halwachs–Baumann, G. and Kriegshäuser, G. (2019). *Plasma free DNA: Evaluation of temperature–associated storage effects observed for Roche Cell–Free DNA collection tubes. Biochemia Medica (Zagreb), 29*(1), 010904. https://doi.org/10.11613/BM.2019.010904

Ghi, T., Sotiriadis, A., Calda, P., Da, Silva, Costa, F., Raine–Fenning, N., Alfirevic, Z., et al. (2016). ISUOG Practice Guidelines: invasive procedures for prenatal diagnosis. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 48(2):256–68. https://doi.org/10.1002/uog.15945.

Jindal, A., Chaudhary, R., Jindal, P., and Singh, S. (2023). Fetal loss rates after amniocentesis: A systematic review and meta–analysis. *Prenatal Diagnosis*, 43(3), 325–334.

Liu, X., Li, P., Wang, Y. and Chen, R. (2023). Primer design and amplification efficiency of ARMS real–time PCR for HBB mutations. *Molecular Genetics & Genomic Medicine, 11*(5), e2124.

Li, Y., Pan, Y. and Chen, G. (2021). Impact of temperature and transport time on plasma cfDNA integrity. *Clinical Biochemistry, 93*, 30–36.

Liu, Z., Chen, M., Chen, L., Yu, S., Wang, X., He, J., et al. (2023). Advances in prenatal molecular diagnosis of β–thalassemia. *Front Genet,* 14, 1179653.

Lo, Y.M., Corbetta, N., Chamberlain, P.F., Rai, V., Sargent, I.L., Redman, C.W. and Wainscoat, J.S. (1997). Presence of fetal DNA in maternal plasma and serum. *Lancet,* 350(9076), 485–7.

Martignano, F. (2019). Cell–free DNA analysis: Preanalytical and analytical challenges. *Clinica Chimica Acta, 489*, 164–170. https://doi.org/10.1016/j.cca.2019.02.010

Peng, H., Zhou, Y., Lin, L. and Wang, S. (2024). Long-term preservation and integrity assessment of plasma cfDNA under different temperature conditions. *Scientific Reports, 14*(3), 1222.

Pös, Z., Pös, O., Styk, J., Mocova, A., Strieskova, L., Budis, J., Kadasi, L., Radvanszky, J. and Szemes, T. (2020). Technical and methodological aspects of cell-free nucleic acids analyses. *International Journal of Molecular Sciences, 21*(22), 8634. https://doi.org/10.3390/ijms21228634

Shin, S., Park, J. and Kim, J. (2022). Effects of long-term storage conditions on cfDNA stability. *Biospecimen Science*, 17(3), 145–152.

Shishido, H., Hattori, T. and Fujita, K. (2020). Evaluation of cfDNA degradation during storage under various temperature conditions. *Molecular Biology Reports*, 47(6), 4591–4600.

Sirichotiyakul, S., Saetung, R. and Tongsong, T. (2003). The prevalence of thalassemia in northern Thailand. *Journal of the Medical Association of Thailand, 86*(Suppl 3), S689–S693.

Soltani, S., Sadeghizadeh, M., Azizi, F., Khosravi-Maharlooei, M., Farivar, S. and Kiani, J. (2016). Detection of β-thalassemia mutations using ARMS real-time PCR in amniotic fluid supernatant. *Iranian Journal of Medical Sciences, 41*(6), 481–488.

Suwannakhon, N., Pangeson, T., Seeratanachot, T., Mahingsa, K., Pingyod, A., Bumrungpakdee, W. and Sanguansermsri, T. (2019). Noninvasive prenatal screening test for compound heterozygous beta thalassemia using an amplification refractory mutation system real-time polymerase chain reaction technique. *Hematology Reports, 11*(3), 8124. https://doi.org/10.4081/hr.2019.8124

Tabor, A. and Alfirevic, Z. (2010). Update on procedure-related risks for prenatal diagnosis techniques. *Fetal Diagnosis and Therapy*, 27(1), 1–7.

Ungerer, V., Bronkhorst, A. J. and Holdenrieder, S. (2020). Preanalytical variables that affect the outcome of cell-free DNA measurements. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences, 57*(7), 484–507. https://doi.org/10.1080/10408363.2020.1750558

Zhao, X., Wu, M., Liu, Y. and Chen, H. (2019). Factors affecting the stability of cell-free nucleic acids in clinical samples. *Clinical Biochemistry, 68*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem .2019.04.012

ภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

Nutritional status and health behaviors of secondary school students

เมวิตรา ฉัตรแก้ว[1*] ธนิษฐา พิพัฒสุขสวัสดิ์[1] ชุติกาญจน์ มิ่งขวัญ[1] และ สุริยนต์ เหลืองตรงกิจ[1]

Mewitra Chatkaew[1*], Tanitha Phiphatsooksawat[1], Chutikarn Mingkwon[1] and Suriyon Luangtrongkit[1]

บทคัดย่อ

ภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพในเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการทั้งทางร่างกาย จิตใจ และสังคมของนักเรียน หากไม่ได้รับการดูแลด้านโภชนาการอย่างเหมาะสม อาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพที่สำคัญ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ เช่น ภาวะน้ำหนักเกิน โรคอ้วน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพของเด็กวัยเรียนระดับมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่าง 234 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (มัธยมต้นและมัธยมปลายชั้นละ 117 คน) และสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐานและไค–สแควร์ ผลการวิจัย พบว่า ภาวะโภชนาการของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปกติ (ร้อยละ 47.86) และส่วนใหญ่ไม่อ้วนลงพุงตามเกณฑ์ WHO สำหรับพฤติกรรมสุขภาพพบว่า ด้านการบริโภคอาหาร นักเรียนส่วนใหญ่มีพฤติกรรมที่เหมาะสมในระดับน้อย แต่มีพฤติกรรมไม่เหมาะสมที่กระทำเป็นประจำ ได้แก่ การเติมเครื่องปรุงรส (ร้อยละ 38.89) และการบริโภคอาหารประเภททอดหรือผัด (ร้อยละ 35.90) ด้านการออกกำลังกายพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกกำลังกาย (ร้อยละ 72.22) โดยนิยมเดินเร็วและวิ่ง/จ็อกกิ้ง และร้อยละ 55.13 สามารถออกกำลังกายต่อเนื่องอย่างน้อย 30 นาทีจนมีอาการหายใจเร็วและเหงื่อออก ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า พฤติกรรมการบริโภคอาหารบางประการมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับภาวะโภชนาการ (BMI) ได้แก่ การหลีกเลี่ยงของหวานและขนมที่มีแป้งน้ำตาลมาก กินอาหารมื้อดึก กินอาหารว่างก่อนนอน กินอาหารทุกมื้อตรงเวลา และการกินอาหารจนอิ่มเต็มที่ทุกมื้อ

คำสำคัญ: ภาวะโภชนาการ, พฤติกรรมสุขภาพ, เด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

[1] โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Demonstration School, University of Phayao, Phayao 56000

[1*] Corresponding author: suriyon.koe@gmail.com

Abstract

Nutritional status and health behaviors among secondary school students are critical determinants of their physical, psychological, and social development. Inadequate nutritional management can contribute to both immediate and long-term health risks, including overweight and obesity. This study investigated nutritional status, health behaviors, and the associations between these factors among secondary school students. A total of 234 students were recruited through stratified sampling (117 lower-secondary and 117 upper-secondary students), followed by simple random sampling. Data were collected using validated questionnaires on nutritional status and health behaviors and were analyzed using descriptive statistics and the chi-square test. The findings indicated that nearly half of the participants had a normal nutritional status (47.86%), and most did not meet the WHO criteria for central obesity. Dietary behavior analysis showed generally low adherence to healthy eating practices, while inappropriate behaviors such as adding seasoning condiments (38.89%) and consuming fried or stir-fried foods (35.90%) were commonly reported. Regarding physical activity, 72.22% of students engaged in regular exercise, predominantly brisk walking and running/jogging, and 55.13% were able to sustain activity for at least 30 minutes until experiencing increased respiration and sweating. Chi-square analysis revealed significant associations ($p<0.05$) between several dietary behaviors and nutritional status (BMI), including avoiding sugary foods, consuming late-night meals, snacking before bedtime, adhering to regular mealtimes, and eating until fully satiated.

Keywords: Nutritional status, Health behavior, Secondary school students

บทนำ

โภชนาการเป็นรากฐานของสุขภาพและพัฒนาการของมนุษย์ในทุกช่วงของชีวิตตั้งแต่ช่วงแรก ๆ ของชีวิตในครรภ์มารดาจนถึงวัยชรา โภชนาการมีบทบาทสำคัญในการกำหนดและมีอิทธิพลต่อการอยู่รอด พัฒนาการทางร่างกายและจิตใจ ผลผลิตทางเศรษฐกิจ และการใช้ชีวิตอย่างมีสุขภาพดี (Akseer et al., 2017) จากการรายงานขององค์การอนามัยโลก ในปี พ.ศ. 2567 พบว่าเด็กและวัยรุ่นอายุระหว่าง 5 ถึง 19 ปี มากกว่า 390 ล้านคน มีภาวะน้ำหนักเกิน ในปี 2022 อัตราการเกิดภาวะน้ำหนักเกินในกลุ่มเด็กและวัยรุ่นอายุระหว่าง 5 ถึง 19 ปี เพิ่มขึ้นอย่างมากจากเพียง 8% ในปี 1990 เป็น 20% ในปี 2022 การเพิ่มขึ้นนี้เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันทั้งในเพศผู้ชายและเพศผู้หญิง โดยมีภาวะน้ำหนักเกินเพิ่มขึ้นในเด็กผู้หญิง 19% และในเด็กผู้ชาย 21% (Zhang et al., 2024) ภาวะน้ำหนักเกิน (Overweight) เป็นภาวะที่ร่างกายมีน้ำหนักมากกว่าปกติโดยมีการสะสมของไขมันใต้ผิวหนังสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (วิชัย เอกพลากร, 2564) องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ประกาศให้ภาวะโภชนาการเกินเป็นโรคชนิดหนึ่ง มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทุกเพศทุกวัย คนที่มีภาวะ โภชนาการเกินมีโอกาสสูงที่จะเป็นโรคเรื้อรังอื่น ๆ ได้ง่ายกว่าคนที่มีโภชนาการปกติ เช่น โรคหัวใจขาดเลือด โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคข้อเสื่อมต่าง ๆ และโรคมะเร็งบางชนิด รวมทั้งมีผลกระทบต่อด้านจิตใจด้วย (Consultation, 2000)

ภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพในเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการทั้งทางร่างกาย จิตใจ และสังคมของนักเรียน โดยเฉพาะในช่วงวัยรุ่นซึ่งเป็นช่วงของการเปลี่ยนผ่านระหว่างวัยเด็กสู่วัยผู้ใหญ่ มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและพฤติกรรมอย่างรวดเร็ว หากไม่ได้รับการดูแลด้านโภชนาการอย่างเหมาะสม อาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพที่สำคัญ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เช่น ภาวะน้ำหนัก

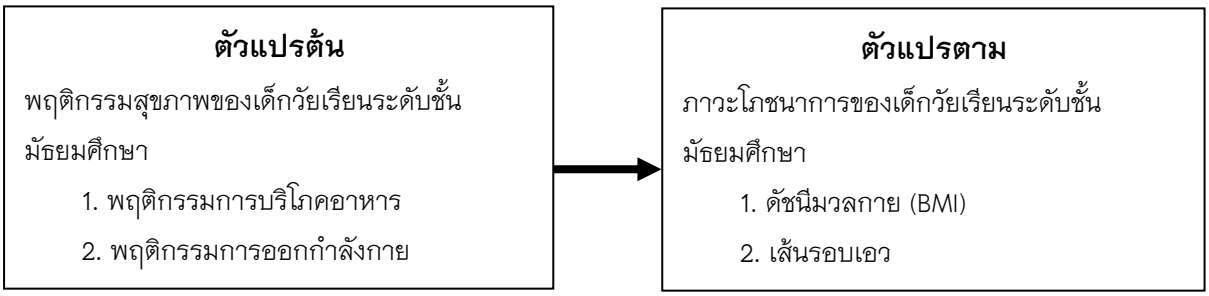
เกิน โรคอ้วน โรคเบาหวานชนิดที่ 2 และภาวะสุขภาพจิตที่บกพร่อง (Caleyachetty et al., 2018) จากการสำรวจสุขภาพนักเรียนในโรงเรียนทั่วโลกและพฤติกรรมด้านสุขภาพของเด็กวัยเรียนใน 57 ประเทศที่มีรายได้น้อยและปานกลาง มีแนวโน้มในการบริโภคอาหารที่มีพลังงานสูงแต่ขาดคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ผักและผลไม้ ในขณะเดียวกันก็มีอัตราการบริโภคอาหารจานด่วนและเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อภาวะโภชนาการที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะในช่วงวัยรุ่นที่มีความเปราะบางต่อผลกระทบด้านสุขภาพในระยะยาว (Kavousi et al., 2017) ซึ่งสอดคล้องกับลัดดา เหมาะสุวรรณ และคณะ (2547) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการให้ความรู้และส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารอย่างถูกต้องว่าเป็นแนวทางสำคัญในการป้องกันปัญหาทางโภชนาการ ขณะที่พฤติกรรมสุขภาพอื่น ๆ อาทิ การออกกำลังกาย การนอนหลับอย่างเพียงพอ การลดพฤติกรรมเนือยนิ่ง (sedentary behavior) รวมถึงการลดการใช้เวลาหน้าจอ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ตโฟน หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ล้วนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพฤติกรรมสุขภาพในวัยเรียน หากพฤติกรรมเหล่านี้ไม่ได้รับการปรับเปลี่ยนในทิศทางที่เหมาะสม อาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable diseases: NCDs) ได้ในอนาคต (Dong et al., 2019)

ปัญหาภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพในกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจึงเป็นประเด็นที่ควรให้ความสำคัญอย่างเร่งด่วน เนื่องจากมีผลกระทบในหลายมิติ ทั้งด้านสุขภาพกาย สุขภาพจิต การเรียนรู้ และคุณภาพชีวิตในระยะยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วนในวัยเด็กเปรียบเสมือน "ระเบิดเวลา" ที่อาจนำไปสู่โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวานชนิดที่ 2 ความดันโลหิตสูง ภาวะไขมันในเลือดสูง และโรคหัวใจ และหลอดเลือดตั้งแต่อายุยังน้อย (Duplaga & Grysztar, 2021) ขณะเดียวกันการขาดสารอาหารจำเป็นก็อาจกระทบต่อการพัฒนากระดูกและฟัน การสร้างภูมิคุ้มกัน ตลอดจนพัฒนาการทางสมองและอารมณ์ ส่งผลให้นักเรียนมีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยบ่อยครั้งและมีสมรรถภาพในการเรียนรู้ลดลง (Consultation, 2000) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาเกี่ยวกับภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพของเด็กวัยเรียนระดับมัธยมศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนเชิงนโยบายหรือการดำเนินกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพในสถานศึกษา อันจะนำไปสู่การพัฒนาเด็กและเยาวชนให้เจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีสุขภาวะที่ดีทั้งทางร่างกายและจิตใจ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมสุขภาพกับภาวะโภชนาการของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

กรอบแนวคิด



วิธีวิทยาการวิจัย

รูปแบบการศึกษา การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อศึกษาภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพ และหาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมสุขภาพกับภาวะโภชนาการของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน พ.ศ. 2567 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีการศึกษา 2567 จำนวน 612 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้มาจากการสุ่มโดยใช้ตารางสุ่มของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970) เป็นนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีการศึกษา 2567 จำนวน 234 คน และใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) แบ่งประชากรเป็นระดับชั้น แล้วเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบอย่างง่าย (Simple random sampling) เป็นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 117 คน และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 117 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม โดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง (self-administered questionnaire) และทีมผู้วิจัยเป็นผู้อธิบายข้อคำถามให้กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง แบบสอบถามจากแนวคิดภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพของ ดวงพร กตัญญุตานนท์ (2552) ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ได้แก่ เพศ อายุ ระดับชั้น ส่วนที่ 2 แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ (การบริโภคอาหาร การออกกำลังกาย) ความหมายของแต่ละระดับ มีดังนี้

เป็นประจำ	หมายถึง ปฏิบัติทุกวันในสัปดาห์ หรือปฏิบัติทุกครั้ง
เป็นส่วนมาก	หมายถึง ปฏิบัติ 5-6 วันต่อสัปดาห์ หรือปฏิบัติเกือบทุกครั้ง
เป็นครั้งคราว	หมายถึง ปฏิบัติ 3-4 วันต่อสัปดาห์ หรือปฏิบัติเป็นบางครั้ง
เป็นส่วนน้อย	หมายถึง ปฏิบัติ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือปฏิบัติบ้างแต่น้อย
ไม่เคยเลย	หมายถึง ไม่เคยปฏิบัติเลย

ลักษณะคำถามประกอบด้วยคำถามเชิงบวกและเชิงลบ ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบเดียว เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อความเชิงบวก

ปฏิบัติเป็นประจำ	5 คะแนน
ปฏิบัติเป็นส่วนมาก	4 คะแนน
ปฏิบัติเป็นครั้งคราว	3 คะแนน
ปฏิบัติเป็นส่วนน้อย	2 คะแนน
ไม่เคยปฏิบัติเลย	1 คะแนน

ข้อคำถามเชิงลบ

ปฏิบัติเป็นประจำ	1 คะแนน
ปฏิบัติเป็นส่วนมาก	2 คะแนน
ปฏิบัติเป็นครั้งคราว	3 คะแนน
ปฏิบัติเป็นส่วนน้อย	4 คะแนน
ไม่เคยปฏิบัติเลย	5 คะแนน

เกณฑ์การบอกถึงระดับพฤติกรรม

เกณฑ์ในการจัดระดับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และการออกกำลังกาย แบ่งเป็น 3 ระดับ

คะแนนพฤติกรรมด้านการบริโภคอาหาร (คะเนนเต็ม 110 คะแนน)

ระดับมาก มีคะแนนระหว่าง 80.67 – 110.00 คะแนน

ระดับปานกลาง มีคะแนนระหว่าง 51.34 – 80.66 คะแนน

ระดับน้อย มีคะแนนระหว่าง 22.00 – 51.33 คะแนน

คะแนนพฤติกรรมรายข้อ (คะแนนเต็ม 5 คะแนน)

ระดับมาก มีคะแนนระหว่าง 3.67 – 5.00 คะแนน

ระดับปานกลาง มีคะแนนระหว่าง 2.34 – 3.66 คะแนน

ระดับน้อย มีคะแนนระหว่าง 1.00 – 2.33 คะแนน

คะแนนพฤติกรรมด้านการออกกำลังกาย (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

ระดับมาก มีคะแนนระหว่าง 14.67 – 20.00 คะแนน

ระดับปานกลาง มีคะแนนระหว่าง 9.34 – 14.66 คะแนน

ระดับน้อย มีคะแนนระหว่าง 4.00 –9.33 คะแนน

คะแนนพฤติกรรมรายข้อ (คะแนนเต็ม 5 คะแนน)

ระดับมาก มีคะแนนระหว่าง 3.67 – 5.00 คะแนน

ระดับปานกลาง มีคะแนนระหว่าง 2.34 – 3.66 คะแนน

ระดับน้อย มีคะแนนระหว่าง 1.00 – 2.33 คะแนน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์ รายละเอียดของการวิจัยและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้อาจารย์ประจำชั้นทราบ รวมถึงขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ชี้แจงวัตถุประสงค์ รายละเอียดของการวิจัยและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้นักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา และสอบถามความสมัครใจที่จะเข้าร่วมในการศึกษาวิจัย

3. อธิบายการวิจัยให้นักเรียนทุกคนที่เข้าร่วมการศึกษาวิจัย วิธีการตอบแบบสอบถาม และวิธีการวัดเส้นรอบเอว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัย

4. ให้นักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมวิจัยร่วมตอบแบบสอบถาม และส่งแบบสอบถามภายในวันที่ที่ผู้วิจัยกำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามทั้งหมด และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

1. ใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ภาวะโภชนาการ พฤติกรรมการบริโภคอาหารและพฤติกรรมการออกกำลังกาย ได้แก่ แจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ใช้สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการบริโภคอาหาร พฤติกรรมการออกกำลังกายกับภาวะโภชนาการโดยใช้ไค–สแควร์ (Chi–square)

3. กำหนดเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า เด็กวัยเรียนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 50.43 รองลงมาเป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 49.57 มีอายุระหว่าง 13–14 ปี คิดเป็นร้อยละ 47.43 และอายุ 15–16 ปี คิดเป็นร้อยละ 31.2

2. ภาวะโภชนาการของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า ภาวะโภชนาการของเด็กวัยเรียนระดับมัธยมศึกษามีความแตกต่างตามเพศอย่างชัดเจน โดยในกลุ่มเพศชายพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีภาวะโภชนาการตามค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ คิดเป็นร้อยละ 49.14 รองลงมาคืออยู่ในเกณฑ์ผอมเกินไป ร้อยละ 25.00 และอยู่ในเกณฑ์อ้วน ร้อยละ 12.93 ตามลำดับ

สำหรับกลุ่มเพศหญิง พบว่า ภาวะโภชนาการตามค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปกติ คิดเป็นร้อยละ 43.22 รองลงมาคืออยู่ในเกณฑ์ผอมเกินไป ร้อยละ 33.05 และอยู่ในเกณฑ์น้ำหนักเกิน ร้อยละ 14.41 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาภาวะโภชนาการตามเกณฑ์รอบเอวหรือภาวะอ้วนลงพุง พบว่า เพศชายมีสัดส่วนผู้ที่อยู่ในระดับอ้วนและมีเส้นรอบเอวเกินเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 7.76 ขณะที่เพศหญิงมีสัดส่วนสูงกว่า คิดเป็นร้อยละ 15.25 สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มความเสี่ยงต่อภาวะอ้วนลงพุงในกลุ่มผู้เรียนเพศหญิงที่มีความชัดเจนมากกว่าเพศชาย

3. พฤติกรรมสุขภาพของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

3.1 พฤติกรรมการบริโภคอาหาร จำแนกตามพฤติกรรมการบริโภคอาหารรายข้อ และคะแนนเฉลี่ยรายข้อ พบว่า พฤติกรรมการบริโภคของเด็กวัยเรียนส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เหมาะสมมีการปฏิบัติอยู่ในระดับส่วนน้อย ระดับเป็นประจำ และระดับครั้งคราว ตามลำดับ พฤติกรรมการบริโภคที่ไม่เหมาะสม พบว่า เด็กวัยเรียนชั้นมัธยมศึกษามีพฤติกรรมการบริโภคอยู่ในระดับเป็นประจำ ระดับครั้งคราว และระดับส่วนน้อย ข้อการกินอาหารประเภททอดหรือผัด คิดเป็นร้อยละ 35.90 การเติมเครื่องปรุงรสในอาหาร เช่น น้ำตาล น้ำปลา เกลือ คิดเป็นร้อยละ 38.89 การกินเครื่องในสัตว์ หนังสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 43.59 การกินอาหารจนอิ่มเต็มที่ทุกมื้อ คิดเป็นร้อยละ 44.44 ข้อการกินอาหารมื้อดึก คิดเป็นร้อยละ 58.55 การกินอาหารว่างก่อนนอน คิดเป็นร้อยละ 41.45 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมการบริโภครายข้อส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นข้อกินอาหารครบ 5 หมู่ (ข้าว ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ไข่ นม และไขมัน) ข้อกินผลไม้วันละ 2–3 ส่วน (1 ส่วน = 6–8 คำ) ข้อเลือกดื่มน้ำเปล่าแทนน้ำอัดลมหรือน้ำหวาน ข้อหลีกเลี่ยงเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ข้อกินอาหารว่างก่อนนอน อยู่ในระดับมาก และข้อกินอาหารประเภทต้ม นึ่ง ลวก อบอยู่ในระดับน้อย ตามลำดับ นำเสนอดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา จำแนกตามพฤติกรรมการบริโภคอาหารรายข้อ และคะแนนเฉลี่ยรายข้อ (n=234)

พฤติกรรมการบริโภคอาหาร	จำนวนคน (ร้อยละ)					$\overline{X}$	S.D.	แปลค่า
	ประจำ	ส่วนมาก	ครั้งคราว	ส่วนน้อย	ไม่เคย			
1. กินอาหารครบ 5 หมู่ (ข้าว ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ไข่ นม และไขมัน)	100 (42.74)	59 (25.21)	49 (20.94)	18 (7.69)	8 (3.42)	3.96	1.12	มาก
2. กินอาหารมื้อเช้าเป็นมื้อหลัก	75	1	64	67	27	3.13	1.42	ปาน

พฤติกรรมการบริโภคอาหาร	จำนวนคน (ร้อยละ) ประจำ	ส่วนมาก	ครั้งคราว	ส่วนน้อย	ไม่เคย	$\bar{X}$	S.D.	แปลค่า
	(32.05)	(0.43)	(27.35)	(28.63)	(11.54)			กลาง
3. กินผักมากกว่าวันละ 3 ทัพพี	46	–	74	91	23	2.81	1.24	ปาน
	(19.69)		(31.62)	(38.89)	(9.83)			กลาง
4. กินผลไม้วันละ 2–3	137	1	63	25	8	4.00	1.26	มาก
ส่วน (1 ส่วน = 6–8 คำ)	(58.55)	(0.43)	(26.92)	(10.68)	(9.42)			
5. กินปลาอย่างน้อย วันละ	73	–	98	48	15	3.29	1.29	ปาน
1 มื้อ	(31.20)		(41.88)	(20.51)	(6.41)			กลาง
6. กินเนื้อสัตว์ไม่ติดมัน	75	–	95	54	10	3.32	1.26	ปาน
สัปดาห์ละ 2–3 มื้อ	(32.05)		(40.60)	(23.08)	(4.27)			กลาง
7. กินเครื่องในสัตว์ หนังสัตว์	85	–	102	41	6	2.50	1.22	ปาน
	(36.32)		(43.59)	(17.52)	(2.56)			กลาง
8. ดื่มนมรสจืด วันละ 1–2 แก้ว	61	–	69	83	21	2.99	1.33	ปาน
	(26.07)		(29.49)	(35.47)	(8.97)			กลาง
9. กินอาหารประเภทต้ม นึ่ง	29	–	49	97	59	2.33	1.21	น้อย
ลวก อบ	(12.39)		(20.94)	(41.45)	(25.21)			
10. กินอาหารประเภททอด	84	–	72	59	19	2.70	1.39	ปาน
หรือผัด	(35.90)		(30.77)	(25.21)	(8.12)			กลาง
11. หลีกเลี่ยงอาหารไขมันสูง	61	1	65	86	21	2.98	1.33	ปาน
	(26.07)	(0.43)	(27.78)	(36.75)	(8.97)			กลาง
12. หลีกเลี่ยงของหวานและ	58	–	43	62	71	2.62	1.53	ปาน
ขนมที่มีแป้ง น้ำตาลมาก	(24.79)		(18.38)	(26.50)	(30.34)			กลาง
13. กินอาหารรสจืด	25	–	61	126	22	2.48	1.05	ปาน
	(10.68)		(26.07)	(53.85)	(9.40)			กลาง
14. เติมเครื่องปรุงรสในอาหาร	91	–	78	50	15	2.56	1.36	ปาน
เช่น น้ำตาลน้ำปลา เกลือ	(38.89)		(33.33)	(21.37)	(6.41)			กลาง
15. เลือกดื่มน้ำเปล่าแทน	147	–	71	15	1 (0.43)	4.18	1.09	มาก
น้ำอัดลมหรือน้ำหวาน	(62.82)		(30.34)	(6.41)				
16. หลีกเลี่ยงเครื่องดื่ม	234	–	–	–	–	5.00	0.00	มาก
แอลกอฮอล์	(100.00)							
17. กินอาหารสัดส่วน 2:1:1	70	–	82	69	13	3.19	1.30	ปาน
(ผัก 2 ส่วน ข้าว หรือแป้ง	(29.91)		(35.04)	(29.49)	(5.56)			กลาง
1 ส่วน เนื้อสัตว์ 1 ส่วน)								
18. กินอาหารมื้อเย็นห่างจาก	69	–	96	61	8	3.26	1.23	ปาน

พฤติกรรมการบริโภคอาหาร	จำนวนคน (ร้อยละ)					$\overline{X}$	S.D.	แปลค่า
	ประจำ	ส่วนมาก	ครั้งคราว	ส่วนน้อย	ไม่เคย			
เวลานอนไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง	(29.49)		(41.03)	(26.07)	(3.42)			กลาง
19. กินอาหารมื้อดึก	23	–	58	137	16	3.53	0.99	ปานกลาง
	(9.83)		(24.79)	(58.55)	(6.84)			
20. กินอาหารว่างก่อนนอน	35	–	35	97	67	3.69	1.30	มาก
	(14.96)		(14.96)	(41.45)	(28.63)			
21. กินอาหารทุกมื้อตรงเวลา	45	–	82	95	12	2.88	1.17	ปานกลาง
	(19.23)		(35.04)	(40.60)	(5.13)			
22. กินอาหารจนอิ่มเต็มที่ทุกมื้อ	33	–	104	93	4	3.15	1.01	ปานกลาง
	(14.10)		(44.44)	(39.74)	(1.71)			

3.2 พฤติกรรมการออกกำลังกาย พบว่า เด็กวัยเรียนส่วนใหญ่มีการออกกำลังกาย คิดเป็นร้อยละ 72.22 และไม่เคยออกกำลังกายเลย คิดเป็นร้อยละ 27.78 เด็กวัยเรียนเลือกออกกำลังกายด้วยการเดินเร็ว คิดเป็นร้อยละ 92.90 รองลงมาเป็นการออกกำลังกายด้วยการวิ่ง/จ๊อกกิ้ง คิดเป็นร้อยละ80.47 และเล่นแบดมินตัน คิดเป็นร้อยละ 67.46 ตามลำดับ นำเสนอดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่ออกกำลังกาย จำแนกตามชนิดของการออกกำลังกาย (n=234)

ชนิดของการออกกำลังกาย	จำนวน	ร้อยละ
เดินเร็ว	157	92.90
วิ่ง / จ๊อกกิ้ง	136	80.47
แบดมินตัน	114	67.46
ปั่นจักรยาน	110	65.09
ว่ายน้ำ	100	59.17
ปิงปอง	82	48.52
ฟุตบอล	81	47.93
บาสเกตบอล	72	42.60
วอลเลย์บอล	76	44.97

เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

4. ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมสุขภาพและภาวะโภชนาการของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า พฤติกรรมการบริโภคอาหาร ข้อการหลีกเลี่ยงของหวานและขนมที่มีแป้ง น้ำตาลมาก การกินอาหารมื้อดึก การกินอาหารว่างก่อนนอน การกินอาหารทุกมื้อตรงเวลา และการกินอาหารจนอิ่มเต็มที่ทุกมื้อ มีความสัมพันธ์กับภาวะโภชนาการ (BMI) ของเด็กวัยเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.005$) ส่วนพฤติกรรมการบริโภครายข้อข้ออื่น ๆ ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับภาวะโภชนาการ (BMI) ของเด็กวัยเรียน นำเสนอดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนและร้อยละความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการบริโภคอาหารรายข้อกับภาวะโภชนาการตามค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา (n=234)

พฤติกรรมการบริโภคอาหาร	ภาวะโภชนาการ (BMI) จำนวนคน (ร้อยละ)				X^2	P-value
	น้ำหนักน้อย	น้ำหนักปกติ	น้ำหนักเกิน	อ้วน		
1. หลีกเลี่ยงของหวานและขนมที่มีแป้ง น้ำตาลมาก					15.25	0.018*
มาก	15 (6.4)	36 (15.4)	2 (0.9)	5 (2.1)		
ปานกลาง	18 (7.7)	18 (7.7)	3 (1.3)	4 (1.7)		
น้อย	33 (14.1)	58 (24.8)	21 (9.0)	21 (9.0)		
2. กินอาหารมื้อดึก					14.88	0.021*
มาก	51 (21.8)	63 (26.9)	20 (8.5)	19 (8.1)		
ปานกลาง	10 (4.3)	32 (13.7)	6 (2.6)	10 (4.3)		
น้อย	5 (2.1)	17 (7.3)	0	1 (0.4)		
3. กินอาหารว่างก่อนนอน					13.98	0.030*
มาก	49 (20.9)	70 (29.9)	24 (10.3)	21 (9.0)		
ปานกลาง	7 (3.0)	19 (8.1)	2 (0.9)	7 (3.0)		
น้อย	10 (4.3)	23 (9.8)	-	2 (0.9)		
4. กินอาหารทุกมื้อตรงเวลา					22.77	0.001*
มาก	12 (5.1)	28 (12.0)	1 (0.4)	4 (1.7)		
ปานกลาง	23 (9.8)	31 (13.2)	8 (3.4)	20 (8.5)		
น้อย	31 (13.2)	53 (22.6)	17 (7.3)	6 (2.6)		
5. กินอาหารจนอิ่มเต็มที่ทุกมื้อ					19.43	0.004*
มาก	33 (14.1)	39 (16.7)	16 (6.8)	9 (3.8)		
ปานกลาง	20 (8.5)	55 (23.5)	9 (3.8)	20 (8.5)		
น้อย	13 (5.6)	18 (7.7)	1 (0.4)	1 (0.4)		

สรุปและอภิปรายผล

1. ภาวะโภชนาการของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

เด็กวัยเรียนส่วนใหญ่มีภาวะโภชนาการตามค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ รองลงมาอยู่ในเกณฑ์น้อยกว่าปกติ และอยู่ในเกณฑ์อ้วน ภาวะโภชนาการตามเกณฑ์การอ้วนลงพุง พบว่า อยู่ในระดับอ้วนและมีเส้นรอบเอวในระดับอ้วนลงพุง รองลงมาอยู่ในระดับน้ำหนักเกินและมีเส้นรอบเอวในระดับอ้วนลงพุง และอยู่ในระดับปกติและมีเส้นรอบเอวในระดับอ้วนลงพุง ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของเด็กไทยในช่วงวัยเรียนส่วนใหญ่มีภาวะโภชนาการอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ยังคงพบปัญหาทั้งภาวะโภชนาการต่ำและภาวะน้ำหนักเกินร่วมด้วย โดยภาวะโภชนาการที่ไม่เหมาะสมอาจมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่ถูกต้องและการขาดกิจกรรมทางกาย (อภิชญา อาจอารัญ & ธิติรัตน์ ราศิริ, 2568) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของมิเชลล์ เหงียน และคณะ (Nguyen et al., 2023) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าภาวะอ้วนลงพุงในเด็กและวัยรุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั่วโลก โดยมีความสัมพันธ์กับการบริโภคอาหารที่มีพลังงานสูงและการมีกิจกรรมทางกายน้อย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่าภาวะอ้วนลงพุงในวัยเด็กมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ในอนาคต เช่น เบาหวานชนิดที่ 2 และโรคหัวใจ

2. พฤติกรรมสุขภาพของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

พฤติกรรมการบริโภคอาหารของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า โดยภาพรวมเด็กส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เหมาะสม แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ค่อนข้างน้อย โดยมีจำนวนเด็กที่ปฏิบัติพฤติกรรมดังกล่าวในระดับส่วนน้อย ระดับเป็นประจำ และระดับครั้งคราว ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการศึกษาของทาลี ซินาย (Sinai et al., 2021) พบว่าแม้เด็กวัยเรียนจะมีความตระหนักด้านสุขภาพมากขึ้น แต่พฤติกรรมการบริโภคอาหารของวัยรุ่นทั่วโลกยังคงห่างไกลจากแนวทางที่ควรปฏิบัติตามคำแนะนำ โดยเฉพาะในเรื่องการบริโภคผักผลไม้ ธัญพืช ไม่ขัดสีและนม ในขณะที่การบริโภคอาหารแปรรูปและเครื่องดื่มรสหวานยังคงสูง เมื่อพิจารณาในด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสม พบว่าเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษามีพฤติกรรมบางอย่างที่ปฏิบัติเป็นประจำในระดับที่น่าเป็นห่วง ได้แก่ การเติมเครื่องปรุงรสในอาหาร เช่น น้ำตาล น้ำปลา และเกลือ คิดเป็นร้อยละ 38.89 และการบริโภคอาหารประเภททอดหรือผัด คิดเป็นร้อยละ 35.90 สอดคล้องกับผลการศึกษาของเจี๋ยนเฟิน จาง และคณะ (Zhang et al., 2025) พบว่าการบริโภคโซเดียม (เกลือ) ในเด็กยังคงอยู่ในระดับสูง และมักมาจากอาหารที่ปรุงแต่งรสชาติ รวมถึงการเติมเครื่องปรุงรสเพิ่มเติม ซึ่งสภาพแวดล้อมของโรงเรียนและบ้านมักเอื้อต่อการบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสม มีการปรุงแต่งอาหารที่มีรสชาติเค็ม และมีไขมันสูง เช่น อาหารทอดหรือผัด ซึ่งเป็นที่นิยมในหมู่วัยรุ่นและส่งผลต่อภาวะโภชนาการ พฤติกรรมเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อภาวะโภชนาการและสุขภาพของเด็กในระยะยาว หากไม่ได้รับการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขอย่างเหมาะสม และพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่พบในระดับส่วนน้อย แต่ยังคงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ ได้แก่ การรับประทานอาหารมื้อดึก ซึ่งพบคิดเป็นร้อยละ 58.55 และการกินอาหารว่างก่อนนอน คิดเป็นร้อยละ 41.45 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ดร. ไบรอัน วันซิงก์ (Wansink, 2010) ที่ชี้ให้เห็นว่าผู้คนมักจะกินตามสัญญาณภายนอกมากกว่าสัญญาณความอิ่มของร่างกาย และการกินจนอิ่มมากเกินไปอาจนำไปสู่การได้รับพลังงานเกินความจำเป็นจนกลายเป็นไขมันสะสมตามจุดต่าง ๆ ร่างกาย และสอดคล้องกับผลการศึกษาของรัตนาภรณ์ สาสีทา และคณะ (2565) ที่ชี้ว่าพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสม เช่น การบริโภคอาหารว่างหรือมื้อดึกเป็นประจำ ส่งผลต่อภาวะโภชนาการและเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน ดังนั้นการส่งเสริมทั้งพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ถูกต้องและกิจกรรมทางกายอย่างเหมาะสมจึงเป็นแนวทางสำคัญในการสร้างเสริมสุขภาพและป้องกันปัญหาภาวะโภชนาการที่ไม่เหมาะสมในเด็กวัยเรียน

พฤติกรรมการออกกำลังกายของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า เด็กส่วนใหญ่มีการออกกำลังกาย คิดเป็นร้อยละ 72.22 ขณะที่อีกส่วนหนึ่งไม่มีการออกกำลังกาย คิดเป็นร้อยละ 27.78 โดยรูปแบบของการออกกำลังกายที่เด็กวัยเรียนเลือกปฏิบัติมากที่สุดคือ การเดินเร็ว ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 92.90 รองลงมาคือ การวิ่งหรือการจ๊อกกิ้ง คิดเป็นร้อยละ 80.47 และการเล่นแบดมินตัน คิดเป็นร้อยละ 67.46 ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิจัยของดร. เรจิน่า กูทโฮล (Guthold et al., 2020) ที่สำรวจพฤติกรรมการออกกำลังกายในกลุ่มวัยรุ่น พบว่า กลุ่มวัยรุ่นมีการออกกำลังกายที่ไม่เพียงพอ และกิจกรรมการออกกำลังกายที่เลือกส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่ง่ายและเป็นส่วนตัว กิจกรรมที่ไม่เป็นทางการและเข้าถึงง่าย เช่น การเดิน การวิ่ง หรือการเล่นกีฬาที่ใช้ไม้ (racquet sports) เป็นที่นิยมในหมู่วัยรุ่นมากกว่ากิจกรรมที่มีโครงสร้างซับซ้อน

3. ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมสุขภาพและภาวะโภชนาการของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

จากผลการศึกษา พบว่า พฤติกรรมการบริโภคอาหารบางด้านมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับภาวะโภชนาการตามค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ได้แก่ การหลีกเลี่ยงของหวานและขนมที่มีแป้งหรือน้ำตาลมาก การกินอาหารมื้อดึก การกินอาหารว่างก่อนนอน การกินอาหารตรงเวลาทุกมื้อ และการกินอาหารจนอิ่มเต็มที่ทุกมื้อ สอดคล้องกับผลการวิจัยของมาเรีย ลูเกอร์ (Luger et al., 2018) ที่แสดงให้เห็นว่าการบริโภคน้ำตาลที่มากเกินไปมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักและภาวะอ้วนของเด็กวัยเรียน ดังนั้นการหลีกเลี่ยงของหวานและขนมที่มีน้ำตาลสูงจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาสภาวะโภชนาการที่ดี และสอดคล้องกับผลการวิจัยของวรวุฒิ แสงทอง (2563) พบว่าการบริโภคอาหารที่มีไขมันและน้ำตาลสูง เช่น ขนมหวาน ขนมกรุบกรอบ มีความสัมพันธ์กับภาวะน้ำหนักเกินหรืออ้วนในนักเรียน นอกจากนี้การกินอาหารไม่เป็นเวลา หรือการกินจุกจิกยังเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการพลังงานของร่างกาย ซึ่งอาจนำไปสู่ภาวะโภชนาการเกินได้

พฤติกรรมการออกกำลังกาย พบว่า การออกกำลังกายโดยรวมมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับภาวะโภชนาการ การออกกำลังกายมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพโดยรวมของเด็กวัยเรียน รวมถึงการรักษาน้ำหนักให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและลดความเสี่ยงต่อภาวะอ้วน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของกันต์กนิษฐ์ ทวีทรัพย์ และคณะ (2566) พบว่าการขาดการออกกำลังกายหรือการมีกิจกรรมทางกายที่ไม่เพียงพอเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่นำไปสู่ภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วนในวัยเรียน ทั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่าการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอและการควบคุมพฤติกรรมการบริโภคอาหาร โดยเฉพาะการลดการบริโภคของหวานและอาหารที่มีน้ำตาลสูง รวมถึงการจัดการเวลารับประทานอาหารอย่างเหมาะสม มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมภาวะโภชนาการที่ดีในเด็กวัยเรียน

สรุปผลการวิจัย

เด็กวัยเรียนระดับมัธยมศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 50.43) มีอายุระหว่าง 13–14 ปี (ร้อยละ 47.43) ด้านภาวะโภชนาการ พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปกติตามค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ร้อยละ 47.86 รองลงมาน้ำหนักน้อยกว่าปกติ ร้อยละ 28.21 และอ้วน ร้อยละ 12.82 โดยมีภาวะอ้วนลงพุงร้อยละ 5.56 ส่วนพฤติกรรมสุขภาพ พบว่าเด็กส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารในระดับปานกลาง โดยเฉพาะการกินอาหารครบ 5 หมู่ ดื่มน้ำเปล่าแทนน้ำหวาน และหลีกเลี่ยงแอลกอฮอล์อยู่ในระดับมาก แต่ยังมีพฤติกรรมไม่เหมาะสม เช่น การกินอาหารมื้อดึก (ร้อยละ 58.55) และการกินจนอิ่มทุกมื้อ (ร้อยละ 44.44) สำหรับการออกกำลังกาย เด็กส่วนใหญ่มีการออกกำลังกาย (ร้อยละ 72.22) โดยนิยมเดินเร็ว วิ่ง และเล่นแบดมินตัน ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า พฤติกรรมการบริโภคบางข้อ ได้แก่ การหลีกเลี่ยงของหวานและขนมที่มีน้ำตาลสูง การกินมื้อดึก อาหารว่างก่อนนอน การกินตรงเวลา และการกินจนอิ่ม มีความสัมพันธ์กับภาวะโภชนาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.005$)

ซึ่งจากการศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า แม้นักเรียนส่วนใหญ่มีภาวะโภชนาการอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ยังพบพฤติกรรมการบริโภคอาหารและระดับกิจกรรมทางกายที่ไม่เหมาะสมในสัดส่วนสูง ซึ่งอาจเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะโภชนาการในอนาคต พฤติกรรมดังกล่าวส่วนหนึ่งเกิดจากการบริโภคอาหารที่มีพลังงานสูงเกินความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะอาหารและเครื่องดื่มที่จัดอยู่ในกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ เครื่องดื่มรสหวาน เช่น น้ำอัดลม ชานมไข่มุก และเครื่องดื่มปรุงแต่งรสต่าง ๆ ที่มีพลังงานจากน้ำตาลสูงแต่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ อาหารฟาสต์ฟู้ดและอาหารทอดซึ่งมีปริมาณไขมันอิ่มตัวและแป้งขัดขาวสูง ตลอดจนขนมขบเคี้ยวและผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมบริโภคเป็นอาหารว่าง อาหารเหล่านี้เมื่อบริโภคในปริมาณมากจะถูกสะสมในรูปแบบไขมันตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะบริเวณช่องท้อง ซึ่งอาจนำไปสู่ภาวะอ้วนลงพุงได้ แม้ในกรณีที่รูปร่างภายนอกยังไม่จัดว่าอ้วนมากนัก นอกจากนี้พฤติกรรมการบริโภคที่ไม่เหมาะสมยังมักเกิดร่วมกับการขาดกิจกรรมทางกายหรือการมีพฤติกรรมเนือยนิ่ง ทำให้ร่างกายไม่สามารถเผาผลาญพลังงานส่วนเกินได้อย่างเพียงพอ หากสภาวะโภชนาการที่ไม่สมดุลยังคงดำเนินต่อไปจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ในระยะยาว ได้แก่ โรคเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคเพื่อลดการได้รับน้ำตาล ไขมัน และโซเดียมในระดับสูง ควบคู่กับการส่งเสริมกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน ถือเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงของปัญหาดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะโภชนาการและพฤติกรรมสุขภาพของเด็กวัยเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจะได้ทราบปัจจัยที่จะนำไปสู่การแก้ไขสาเหตุที่แท้จริง

2. ศึกษาพฤติกรรมสุขภาพ ทั้งพฤติกรรมการบริโภคอาหารและพฤติกรรมการออกกำลังกายของเด็กวัยเรียนทุกระดับชั้น เพื่อทราบภาวะโภชนาการ และศึกษาสภาพแวดล้อมของโรงเรียนและหอพักที่ส่งผลต่อภาวะโภชนาการ เช่น ลักษณะอาหารที่จำหน่ายในโรงเรียนและหอพัก พื้นที่การออกกำลังกาย และกิจกรรมการออกกำลังกาย เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การปรับสภาพแวดล้อมของโรงเรียนและหอพักให้เอื้อต่อการมีภาวะโภชนาการที่ดีของเด็กวัยเรียนได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวของกับการทำงานวิจัยเลมนี้ไดแก ผู้อำนวยการ อาจารย นักเรียน ของโรงเรียนที่อนุญาตใหเขาไปเก็บขอมูลเพื่อศึกษาที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

รัตนาภรณ์ สาสีทา, คัติยา อีวาโนวิช, & ฉวีวรรณ บุญสุยา. (2565). ความรอบรู้ด้านโภชนาการกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของ นักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์: Nutrition literacy and eating behavior among undergraduate students of faculty of public health, Thammasat University. *วารสาร สาธารณสุข มหาวิทยาลัย บูรพา, 17*(1), 28–43.

วรวุฒิ แสงทอง, วรันณ์ธร โพธารินทร์, นภสร ดวงสมา, และศุภรดา มั่นยืน. (2563). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภค อาหารขยะและภาวะ โภชนาการของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์. *วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ, 13*(1), p48–54.

อภิชญา อาจอารัญ, & ธิติรัตน์ ราศิริ. (2568). ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะโภชนาการเกินของเด็กก่อนวัยเรียนในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารศูนย์อนามัย ที่ 9: วารสารส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม, 19*(1), 116–131.

Akseer, N., Al-Gashm, S., Mehta, S., Mokdad, A., & Bhutta, Z. A. (2017). Global and regional trends in the nutritional status of young people: a critical and neglected age group. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1393*(1), 3–20.

Caleyachetty, R., Thomas, G. N., Kengne, A. P., Echouffo-Tcheugui, J. B., Schilsky, S., Khodabocus, J., & Uauy, R. (2018). The double burden of malnutrition among adolescents: analysis of data from the Global School-Based Student Health and Health Behavior in School-Aged Children surveys in 57 low-and middle-income countries. *The American journal of clinical nutrition, 108*(2), 414–424.

Consultation, W. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. World Health Organ Tech Rep Ser, 894, 1–253.

Dong, Y., Lau, P. W., Dong, B., Zou, Z., Yang, Y., Wen, B., Ma, Y., Hu, P., Song, Y., & Ma, J. (2019). Trends in physical fitness, growth, and nutritional status of Chinese children and adolescents: a retrospective analysis of 1• 5 million students from six successive national surveys between 1985 and 2014. *The Lancet Child & Adolescent Health, 3*(12), 871–880.

Duplaga, M., & Grysztar, M. (2021). Nutritional behaviors, health literacy, and health locus of control of secondary schoolers in southern Poland: A cross-sectional study. *Nutrients, 13*(12), 4323.

Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1• 6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health, 4*(1), 23–35.

Kavousi, E., Khazaei, Z., Amini, A., Fattahi, E., Pnahi, A., Sohrabivafa, M., Beiranvand, R., & Goodarzi, E. (2017). Promoting behaviors of healthiness in two domains of physical activity and nutrition statue in high school students. *International journal of pediatrics, 5*(5), 4839–4847.

Luger, M., Lafontan, M., Bes-Rastrollo, M., Winzer, E., Yumuk, V., & Farpour-Lambert, N. (2018). Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review from 2013 to 2015 and a comparison with previous studies. *Obesity facts, 10*(6), 674–693.

Nguyen, M., Jarvis, S. E., Tinajero, M. G., Yu, J., Chiavaroli, L., Mejia, S. B., Khan, T. A., Tobias, D. K., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2023). Sugar-sweetened beverage consumption and weight gain in children and adults: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies and randomized controlled trials. *The American journal of clinical nutrition, 117*(1), 160–174.

Sinai, T., Axelrod, R., Shimony, T., Boaz, M., & Kaufman-Shriqui, V. (2021). Dietary patterns among adolescents are associated with growth, socioeconomic features, and health-related behaviors. *Foods, 10*(12), 3054.

Wansink, B. (2010). *Mindless eating: Why we eat more than we think*. Random House Digital, Inc.

Zhang, J., Cao, W., Xu, J., Wang, H., Luo, R., Gan, Q., Yang, T., Pan, H., Yang, Z., & Zhao, W. (2025). Overweight and Obese Children Aged 6–17 Years in China Had Lower Level of Hydration Status: A Cross-Sectional Study. *Nutrients, 17*(2), 364.

Zhang, X., Liu, J., Ni, Y., Yi, C., Fang, Y., Ning, Q., Shen, B., Zhang, K., Liu, Y., & Yang, L. (2024). Global prevalence of overweight and obesity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *JAMA pediatrics, 178*(8), 800-813.

Oral Presentation

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การศึกษาการเคลือบฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐานด้วยวิธีอาร์เอฟสปัตเตอริงเพื่อเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน

The study of RF-sputtering to create an amorphous titanium dioxide thin film increasing corrosion resistance

บุษยรัตน์ เก่งกล้า[1*] ก้องภพ ลิ้มวัชรากูล[1] ศุภกันต์ ฝันเซียน[1] สหรัฐ สุวรรณมากเกสร1
ปุณณวิชญ์ บุญล้อม[1] อรจีรา เดี่ยววณิชย์[1] สุทัศน์ รัตนพันธ์[1] และ ศศิธร ศรีคำม้วน[2]
Bussayarat Kengkla[1*], Kongpop Limwatcharagul[1], Supakan Funsian[1], Punnawit Boonlom[1],
Saharut Suwanmakkesorn[1], Onnjira Diewwanit[1], Sutatch Ratanaphan[1] and Sasithorn Srikhammuan[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้กระบวนการ RF-sputtering เพื่อสร้างฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนของพื้นผิวอะลูมิเนียม โดยได้ทำการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขของการสปัตเตอร์ ได้แก่ การเลือกใช้วัสดุต้นกำเนิดเป็นไทเทเนียมหรือไทเทเนียมไดออกไซด์ (Ti หรือ TiO_2) การใช้บรรยากาศก๊าซภายในห้องสปัตเตอร์เป็นอาร์กอนหรืออาร์กอนผสมออกซิเจน (Ar หรือ Ar+O_2) และการอบความร้อนหลังการสปัตเตอร์ (Post-sputtering annealing) พื้นผิวของฟิล์มบาง TiO_2 ที่ได้ถูกตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิว การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค X-ray Diffraction (XRD) และการทดสอบความต้านทานการกัดกร่อนด้วยการพ่นละอองเกลือเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Salt Spray Test) ผลการทดลองพบว่าการสปัตเตอร์โดยใช้เป้าหมายไทเทเนียมในบรรยากาศก๊าซอาร์กอนให้ปริมาณฟิล์ม TiO_2 สูงที่สุด การอบที่อุณหภูมิ 200 °C ทำให้ความเป็นผลึกลดลงและได้ฟิล์มที่มีโครงสร้างแบบไม่เป็นผลึกมากขึ้น ที่สำคัญการทดสอบการพ่นละอองเกลือแสดงให้เห็นว่าฟิล์มที่ได้ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวไม่เกิดความเสียหายจากการกัดกร่อน ดังนั้นฟิล์ม TiO_2 ที่ผ่านการอบและถูกสปัตเตอร์ด้วยเป้าไทเทเนียมในบรรยากาศอาร์กอนจึงแสดงให้เห็นถึงความต้านทานการกัดกร่อนที่ยอดเยี่ยม

คำสำคัญ: อาร์เอฟสปัตเตอริง, ฟิล์มบาง, ไทเทเนียมไดออกไซด์, การกัดกร่อน, โลหะผสมอะลูมิเนียม เกรด 1050

[1] สาขาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10140
[2] มูลนิธิศึกษาวิจัยและพัฒนาเพื่อสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Tool and Materials Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[2] Social Technology Research and Development Foundation Bangkok 10400
* Corresponding author : nattarat.ken@kmutt.ac.th

Abstract

This research study explores the use of RF–sputtering to create amorphous titanium dioxide (TiO_2) thin films, with the aim of enhancing the corrosion resistance of aluminum substrates. The study involves varying sputtering conditions, including the choice of sputtering target (Ti or TiO_2), the gas environment (Ar or $Ar+O_2$) in the sputtering chamber, and post–sputtering annealing. The TiO_2 thin film surfaces were examined using scanning electron microscopy (SEM), elemental analysis was conducted through Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), coating structure was analyzed using X–Ray diffraction analysis (XRD), and corrosion resistance was evaluated through a 24–hour salt spray test. The results indicate that sputtering with a Ti target in an Ar gas environment produces the maximum amount of TiO_2 film. Annealing at 200 °C reduces crystallinity and results in a more amorphous TiO_2 structure. Importantly, the salt spray test reveals no damage to the sputtered film in this condition. Therefore, the annealed film sputtered with a Ti target in an Ar gas environment demonstrates excellent corrosion resistance.

Keywords: RF–sputtering, Thin film, Titanium dioxide, Corrosion, Aluminum 1050

Introduction

RF–sputtering is a physical vapor deposition (PVD) technique employed for the deposition of thin material films onto a substrate. This process involves the utilization of a radio frequency (RF) power source to induce plasma within a low–pressure gaseous environment, which subsequently expels atoms or molecules from a solid target, effectively depositing them onto the substrate. Its remarkable versatility enables the deposition of various materials, including metals, semiconductors, and insulators.

In specific applications, such as the protection against corrosion of aluminum alloy AA1050, titanium dioxide (TiO_2) has demonstrated notable effectiveness. When applied as a coating through RF–sputtering, titanium dioxide forms a highly protective and durable layer on the surface of AA1050. This protective layer acts as a barrier, shielding the underlying aluminum from environmental factors, including moisture and aggressive chemical agents. Therefore, the titanium dioxide protective layer can be used for marine and aircraft equipment.

Notably, titanium dioxide emerges as a prevalent choice in RF–sputtering applications due to its exceptional attributes, such as a high refractive index, robust thermal stability, and a broad bandgap. These qualities render it a superlative material for optical applications, thus establishing titanium dioxide's prominence in this context.

Summit et al. reported that films grown using a Ti metal target exhibit smaller crystallites, a larger full width at half maximum, and greater strain compared to those produced with TiO_2 targets. The surface morphology analysis reveals that films grown using a Ti metal target have smaller grains, a higher surface grain density, and a comparatively smoother surface in contrast to those obtained when TiO_2 targets were used [1]. Furthermore, an increase in the target temperature can lead to a higher oxidation rate and an increase in the thickness of the oxide layer [2].

Bakri et al. [3] found that the crystallite size can increase due to densification resulting from elevated annealing temperatures, while Safeen et al. [4] reported that O_2 in Ar–O_2 plasma can accelerate ion diffusion between Ti and O and facilitate ion rearrangement for crystallization.

Objective

Consequently, in this study, amorphous TiO_2 thin films were prepared on aluminum substrates using RF–sputtering. Parameters included Ti and TiO_2 targets, Ar and Ar–O_2 plasma, and both annealed and unannealed substrates. Thin film structure and damage following corrosion testing will be observed using SEM analysis.

Methodology

Specimen preparation

First, an AA050 alloy plate, which had been annealed at 450 °C, was cut into approximately 15×15×3 mm dimensions using a precision laboratory micro–cutter. Next, the edges of the specimens were smoothed with sandpaper. Finally, the specimens were cleaned using an ultrasonic cleaner with an ethyl alcohol and acetone solution.

Experiment

Titanium (Ti) and titanium dioxide (TiO_2) films were deposited on annealed aluminum 1050 substrates using RF–sputtering. We utilized a 99.99% pure Ti target and a TiO_2 target measuring 50 mm in diameter and 5 mm in thickness for the thin film deposition and plasma emission measurements. The model targets were affixed to a water–cooled copper (Cu) backing plate through mechanical clamping and Ag paste for bonding the TiO2 target.

We employed a mixture of argon (Ar) and 5% oxygen (O_2) for the sputtering process. The total gas flow rate was set at 40 cm^3/min, with gas flow rates controlled by mass flow controllers and total pressure measured using a capacitance manometer. RF power at 150 W with a frequency of 660 Hz was used for sputtering, which lasted for 50 minutes. Subsequently, a portion of the specimens was subjected to annealing at 200 °C for 2 hours. The experiments are categorized as shown in **Table 1**.

Subsequently, the specimens underwent corrosive testing through exposure to a 5% sodium chloride solution in a salt spray test chamber (S1000iS) under conditions of 35 °C and 45% humidity for 24 hours.

Table 1 Experiments conditions

No	Target	Gas	Heat treatment
1	Ti	Ar	–
2	Ti	Ar	Annealing at 200 °C
3	TiO_2	Ar	–
4	TiO_2	Ar	Annealing at 200 °C
5	Ti	Ar + O2 (5%)	–
6	Ti	Ar + O2 (5%)	Annealing at 200 °C

Measurement and Analysis

The coating surfaces were examined using the scanning electron microscope (SEM), model JSM-6610 LV, both before and after the salt spray testing process. Elemental analysis was carried out with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), model INCA-act, while the coating structure analysis was performed solely prior to the salt spray testing process using X-Ray diffraction analysis (XRD).

Result

Surface of sputtered film

The surfaces of the Ti and TiO_2 sputtered films were examined to analyze their appearance and uniformity. In **Fig. 1**, SEM images depict the six different conditions of Ti and TiO_2 sputtered films. Both annealed and non-annealed Ti (Ar) films exhibit a smooth and uniform appearance. In contrast, TiO_2 films display a more uneven surface compared to the first two. Meanwhile, Ti ($Ar+O_2$(5%)) films present a smooth and uniform surface, with small oxide particles distributed across the entire surface. The annealed film exhibits an increased presence of oxide particles.

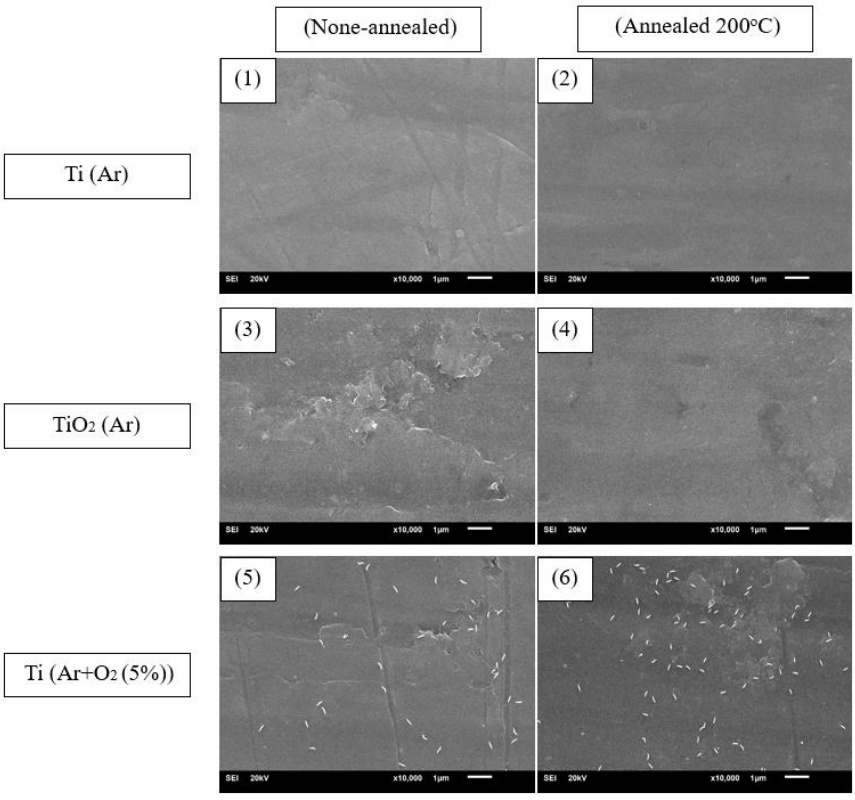


Figure 1 The surface of sputtered Ti and TiO_2 thin films from six conditions, x10,000 magnification.

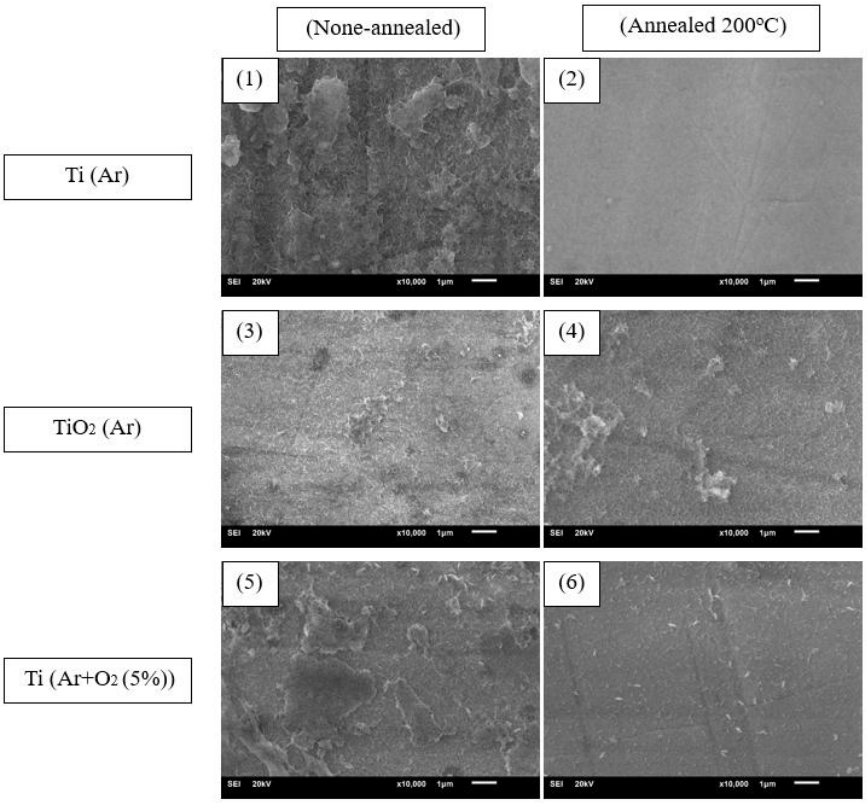


Figure 2 The damaged sputtered Ti and TiO_2 thin films from six conditions, x10,000 magnification.

Surface of sputtered film after salt spray test

After subjecting the Ti and TiO_2 sputtered film surfaces to salt spray testing, their corrosion effects were assessed. As depicted in **Fig. 2**, SEM images illustrate the condition of the six different Ti and TiO_2 sputtered films. In the case of annealed Ti (Ar), there are almost no visible signs of corrosion damage. Conversely, the non–annealed film displays numerous indications of corrosion damage. The remaining specimens exhibit more severe damage than the initial two. Both annealed and non–annealed TiO_2 films exhibit similar, severe corrosion damage. At the same time, non–annealed Ti ($Ar+O_2$(5%)) films show slightly less corrosion damage than the TiO_2 surfaces, whereas the annealed Ti ($Ar+O_2$(5%)) film exhibits the most pronounced corrosion damage.

Elemental analysis

Elemental analysis was conducted through Energy Dispersive X–ray Spectroscopy (EDS). **Fig. 3** presents SEM images of the Ti and TiO_2 sputtered films under all six conditions. The EDS results indicate that the Ti (Ar) film exhibits the highest weights of Ti and O, with a small presence of N in the annealed film. In contrast, both TiO_2 (Ar) and Ti ($Ar+O_2$(5%)) films display significantly lower levels of Ti and O. This may be attributed to the ceramic nature of the TiO_2 target, making it harder to bombard and sputter to the surface by the positive ions. For the Ti target, under the Ar and O_2 combined, the positive ions of Ar blending with O_2 can affect the target surface, impinge making it harder, or forming an oxide layer instead of being sputtered onto the specimen [2]. Notably, annealing does not seem to have a significant impact on the elemental composition.

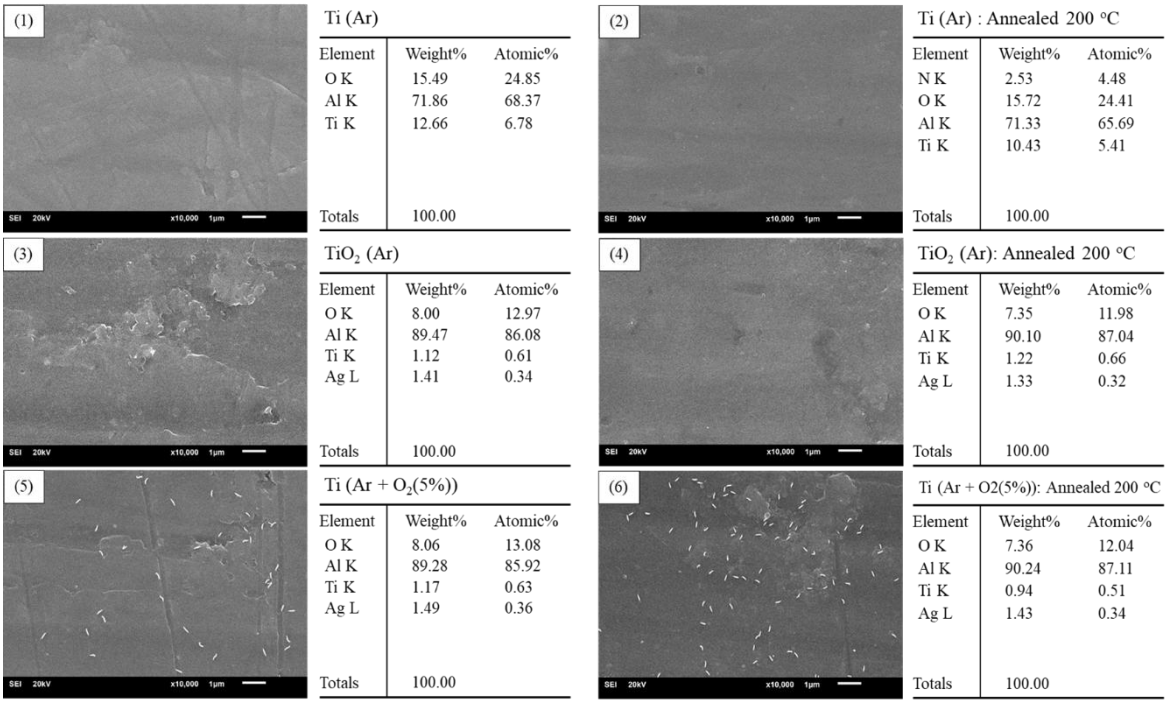
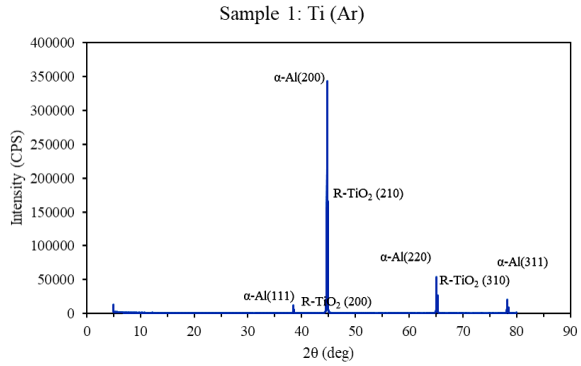
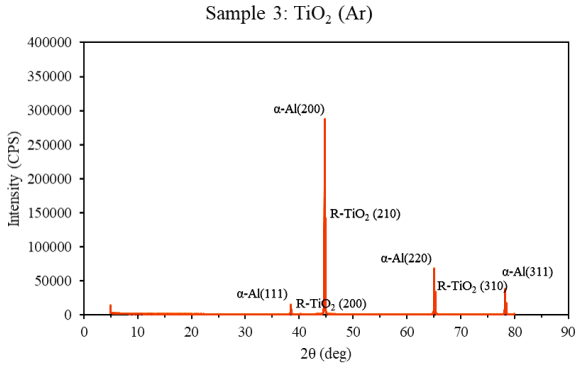


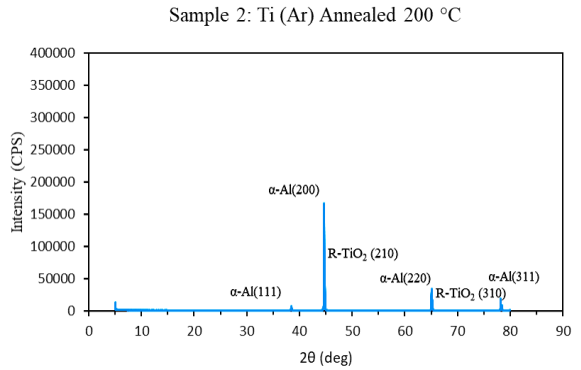
Figure 3 The surface of sputtered Ti and TiO_2 thin films from six conditions with EDS results.

Structure analysis

Coating structure analysis was conducted using X–Ray diffraction analysis (XRD). As shown in **Figs. 4–6**, XRD results depict the structural characteristics of the Ti and TiO_2 sputtered films under all six conditions. All conditions exhibit similar plane structures. However, in the case of Ti (Ar) films, peaks corresponding to the TiO_2 rutile structure (200, 210, 310) were observed, with the annealed film showing a reduction in XRD intensity, which suggests a decrease in crystalline structure [4]. The TiO_2 (Ar) films exhibited the same pattern as the Ti (Ar) films, but the reduction in rutile structure intensity was more pronounced than in the Ti (Ar) films. Conversely, the Ti (Ar+O_2(5%)) films demonstrated an increase in the intensity of some rutile structure peaks (R–200 and R–310) following annealing, which implies an increasing of the crystalline structure. This observation is consistent with the presence of titanium oxide particles, as seen in the SEM image (**Fig. 1**) [4].







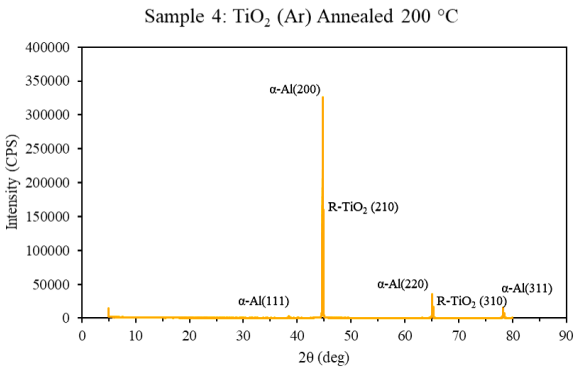
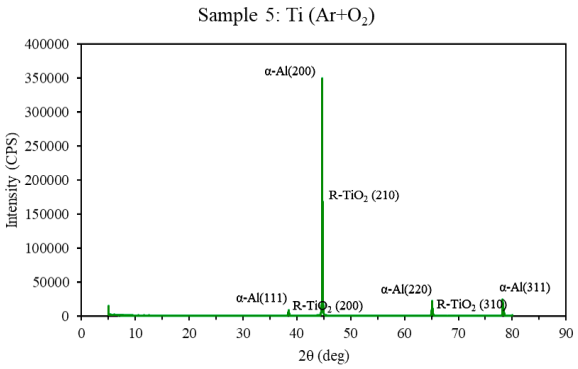


Figure 4 The result of XRD of sputtered Ti with Ar.

Figure 5 The result of XRD of sputtered TiO_2 with Ar.



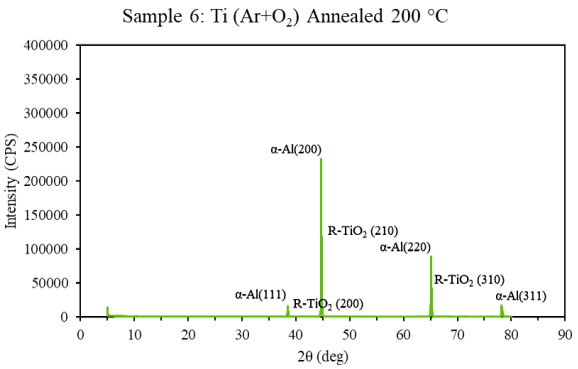


Figure 6 The result of XRD of sputtered Ti with Ar and O_2 5%

Conclusion and Discussion

In this study, we investigated the impact of various sputtering conditions on the coating of titanium dioxide films. Our findings reveal that sputtering using a Ti target with Ar gas results in the highest Ti and O weight percentages on the aluminum surface, as indicated by the EDS results. This leads to the formation of the maximum amount of TiO_2 film compared to other conditions, such as sputtering with a TiO_2 target or using Ti+O_2 gas, which reveals much lower Ti and O content on the aluminum surface.

Furthermore, films sputtered from the Ti target with Ar gas still exhibit poor corrosion resistance due to their TiO_2 rutile crystalline structure. However, annealing the film at 200 °C for 50 minutes, as indicated by the

XRD results, results in a reduction in rutile structure intensity, signifying a decrease in crystallinity and the formation of a more amorphous structure. The SEM results following the salt spray test confirm that the annealed sputtered film from the Ti target with Ar gas displays the best corrosion resistance.

On the other hand, films sputtered from the TiO_2 target and the use of $Ar+O_2$ exhibited poor corrosion resistance due to their relatively lower Ti and O deposition on the substrate surface, as indicated by the EDS results, leading to the limited formation of the TiO_2 film. Interestingly, annealing the sputtered film from the Ti target with $Ar+O_2$ results in the formation of more titanium oxide crystal particles on the surface, resulting in reduced corrosion resistance.

Acknowledgements

These are advice and financial support by Professor Sutatch Ratanapan and Nant Nammahachak. The RF–sputtering machine courtesy of the SimDsci KMUTT, and the testing of salt spray, SEM, EDS, and XRD courtesy of the King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) are greatly appreciated. The experimental results reported in this study are part of the MEN 451 Surface Engineering, Department of Tool and Materials Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Reference

Vyas S., Tiwary R., Shubham K., Chakrabarti P. (2015). Study the target effect on the structural, surface and optical properties of TiO_2 thin film fabricated by RF sputtering method. Superlattices and Microstructures, 80(1), 215–221. Form: https://doi.org/10.1016/j.spmi.2014.10.029.

Abe, Y., Takamura, K., Kawamura, M., & Sasaki, K. (2005). Target surface oxide layer formed by reactive sputtering of Ti target in $Ar+O_2$ mixed gas. Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films, 23(5), 1371–1374. Form: https://doi.org/10.1116/1.2006135.

Bakri, A. S., Sahdan, M. Z., Adriyanto, F., et al. (2017). Effect of annealing temperature of titanium dioxide thin films on structural and electrical properties. AIP Conference Proceedings, 1788(1), 030030. Form: https://doi.org/10.1063/1.4968283.

Safeen, K., Micheli, V., Bartali, R., Gottardi, G., & Laidani, N. (2015). Low temperature growth study of nano–crystalline TiO_2 thin films deposited by RF sputtering. Journal of Physics D: Applied Physics, 48(29), 295201. Form: https://doi.org/10.1088/0022–3727/48/29/295201.

กระบวนการลากขึ้นรูปแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีโดยใช้แรงกดดายคูชั่นในการกดจับยึดแผ่นชิ้นงาน

Deep drawing process of galvanized steel sheet using die cushion pressure for workpiece clamping

เชษฐ อุทธิยัง[1*] และ นทีชัย ผัสดี[1]

Chet Uthiyoung[1*] and Nateechai Pudsdee[1]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปถ้วยทรงกระบอก ใช้สารหล่อลื่น 2 ชนิด ตรวจสอบเอียริ่งชิ้นงาน และความหนาชิ้นงาน. การใช้ดายคูชั่นในการลากขึ้นรูปลึกถ้วยทรงกระบอกกลมของเหล็กเคลือบสังกะสี เกรด SGCC พบว่า. การใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงร่วมกับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย ในการลากขึ้นรูปส่งผลให้ได้ความหนาใกล้เคียงตามที่กำหนด และส่งผลต่อเกิดเอียริ่งชิ้นงานน้อยสุดมีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเอียริ่ง คือ 14.37 การใช้สารหล่อลื่นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง และน้ำมันมะพร้าว มีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเอียริ่ง คือ 19.61 การใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง มีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเอียริ่ง คือ 29.79 ความหนาของชิ้นงานมีค่าน้อยสุดจะอยู่บริเวณเหนือรัศมีก้นถ้วยถึงกึ่งกลางถ้วย.

คำสำคัญ: การลากขึ้นรูป, เหล็กเคลือบสังกะสี SGCC, ดายคูชั่น, สารหล่อลื่น, เอียริ่ง, ความหนาของชิ้นงาน.

Abstract

The objective of this research is to design and making a deep drawing die for cylindrical cup forming. Two types of lubricants are used, to investigate earing formation in the workpiece, and thickness distribution of the workpiece. The application of die cushion in deep drawing die for a cylindrical cup workpiece made of SGCC galvanized steel revealed that. The use of high-density polyethylene (HDPE) lubricant combined with coconut oil, together with coconut oil application on the die surface, resulted in a drawn workpiece thickness close to the specified value and produced the lowest earing, with an earing percentage of 14.37, the use of a high-density polyethylene (HDPE) sheet lubricant together with coconut oil resulted in an earing percentage of 19.6, the use of high-density polyethylene (HDPE) lubricant resulted in an earing percentage of 29.79, the minimum wall thickness occurs in the region from just above the cup radius to the mid-height of the cylindrical wall.

Keywords: Deep Drawing, SGCC Galvanized Steel, Die Cushion, Lubricants, Earing, Workpiece Thickness.

[1] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang mai 50300

*Corresponding author e-mail : chet_tde@hotmail.com

บทนำ

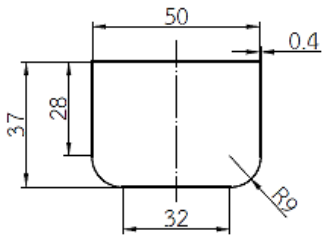
กระบวนการลากขึ้นรูป (Deep Drawing) เป็นกระบวนการลากขึ้นรูปชิ้นงานที่ถูกทำให้เปลี่ยนรูปตามลักษณะรูปทรงของพันช์ (Punch) และดาย (Die) โดยแผ่นจับยึดชิ้นงาน (Blank Holder) จะกดแผ่นชิ้นงาน (Blank) และตัวพันช์จะเคลื่อนที่กดแผ่นชิ้นงาน เข้าไปในดาย จนได้ชิ้นงานรูปทรงระบอก หรือรูปทรงซับซ้อนไม่สมมาตร ซึ่งเป็นการใช้แรงในการลากขึ้นรูปชิ้นงาน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ภาชนะครัวเรือน เป็นต้น ในการลากขึ้นรูปมีตัวแปรที่มีผลต่อการผลิตชิ้นงานหลายตัวแปร เช่น ขนาดของแผ่นเปล่า สารหล่อลื่นและวัสดุชิ้นงาน จากการศึกษาพบว่าในการลากขึ้นรูป มีการใช้อุปกรณ์จับยึดแผ่นกดชิ้นงานแบบดายคูชั่น (Die Cushion) ที่นำมาใช้กับแม่พิมพ์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถรับแรงจากการลากขึ้นรูปโดยการใช้แรงดันของลมเป็นตัวรับแรงในการลากขึ้นรูป และการนำสารหล่อลื่นมาใช้ในการลากขึ้นรูป มีวัตถุประสงค์เพื่อลดแรงในการขึ้นรูปและช่วยให้ชิ้นงานไม่เกิดรอยฉีกขาด ลดการเสียดสี ซึ่งสารหล่อลื่นมีทั้งของแข็งและของเหลว ดังนั้นการเลือกใช้สารหล่อลื่นที่เหมาะสมจะส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน การศึกษาพฤติกรรมการเกิดรอยติ่งบนชิ้นงานซึ่งเกิดจากกรรมวิธีดึงขึ้นรูปลึก โดยใช้วัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AA1100 วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SPCC ชิ้นงานรูปถ้วยกลมทรงกระบอก แล้วทำการวัดหาขนาดของรอยติ่ง เพื่อให้ได้ผลของความสูงและเปอร์เซ็นต์การเกิดรอยติ่งของวัสดุแต่ละชนิด (สุรวุฒิ ยะนิล, 2555) การศึกษารอยคลื่นของวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 7 ชนิด พบว่าทิศทางการรีดจะมีอิทธิพลต่อรอยคลื่น โดยวัสดุกลุ่มประเภทที่ 1 ประกอบด้วย JSH270C, SPHD และ SS304 ให้ความสูงรอยคลื่นในทิศทางรีด 45 องศา เฉลี่ย 0.56 มิลลิเมตร วัสดุกลุ่มประเภทที่ 2 มี SPCC, X12CrMnNiN17, AA2008t4 และ AA6111 ในทิศทางรีด 0 องศา และ 90 องศา เฉลี่ย 0.26 มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างของวัสดุทั้งสองกลุ่มเท่ากับ 14.51% (บุญส่ง ฤทธิ์ตา และคณะ, 2560) การศึกษาขนาดรัศมีดายกับการลากขึ้นรูปถ้วยกลมวัสดุแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็น พบว่ารัศมีดายใหญ่ จะใช้แรงลากขึ้นรูปและแรงกดของแผ่นกดชิ้นงานน้อยกว่า รัศมีดายที่ใหญ่กว่าจะช่วยในการไหลตัวของแผ่นชิ้นงานได้ดี และลดการเดรอยย่น ในงานวิจัยนี้ รัศมีดายที่มีความเหมาะสมมีขนาด 6 ถึง 8 มิลลิเมตร (ไพบูลย์ หาญมนต์, 2551) การวิเคราะห์ปรากฏการณ์การเกิดติ่ง (Earing) ในกระบวนการลากขึ้นรูป โดยใช้โปรแกรมซอร์ฟแวร์คอมพิวเตอร์ในการขึ้นรูป วัสดุ DC06 ความหนา 0.85 มิลลิเมตร วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบเชิงทดลองกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองโดยใช้โปรแกรม สำหรับการวิจัยเชิงทดลอง ได้ทำการทดสอบแบบคัพปิง (Cupping Test) เพื่อหาค่าระดับการเกิดติ่งในตำแหน่งต่าง ๆ บนชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้ว ในส่วนการจำลอง ได้ดำเนินการจำลองกระบวนการโดยใช้โปรแกรม โดยพิจารณารูปแบบสมบัติไม่สมมาตรของวัสดุ (Anisotropic models) และแบบจำลองการแข็งตัวจากการแปรรูป (Strain hardening models) ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบรูปแบบการเกิดติ่งที่ได้จากการทำนายกับผลการทดลองจริง. (Janka Majerníková et., 2566) การเปรียบเทียบพฤติกรรมของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำและเหล็กชุบสังกะสีในกระบวนการลากขึ้นรูป ภายใต้อิทธิพลของพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการประเมินพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนาของถ้วยทรงกระบอกที่ได้จากการลากขึ้นรูป โดยมี รัศมีดาย ความเร็วในการลากขึ้นรูป ความหนาของแผ่นเริ่มต้น และชนิดของโลหะที่ใช้ทั้งสองชนิด การจำลองเชิงตัวเลข (Numerical Simulation) ดำเนินการโดยใช้โปรแกรมซอร์ฟแวร์คอมพิวเตอร์ และสร้างแบบจำลองถ้วยทรงกระบอก ผลการศึกษา พบว่า ความบางสูงสุด เกิดขึ้นบริเวณส่วนโค้งของถ้วยที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ โดยมีค่าลดลงของความหนาเท่ากับ 10.062% จากการจำลองเชิงตัวเลข (FEA) และ 15.626% จากการทดลองจริง (EXP) การเพิ่มความเร็วของพันช์และการลดรัศมีดายจะทำให้เกิดการบางมากขึ้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นความสอดคล้องที่ดีระหว่างงานทดลองและการจำลองเชิงตัวเลข โดยค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 5% สำหรับเหล็กชุบสังกะสี พบว่ามีสมรรถนะดีกว่าในบริเวณโค้งของถ้วย โดยอัตราการบางลดลงเหลือ

น้อยกว่า 2.35% เมื่อเทียบกับเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ รัศมีดายเล็กเกินไปทำให้ถ้วยเกิดการแตก ส่วนรัศมีดายใหญ่เกินไปทำให้เกิดรอยย่น ดังนั้นจึงควรใช้รัศมีดายปานกลางซึ่งมีค่าเท่ากับ 4–10 เท่าของความกว้างชิ้นงาน. (Mostafa Adel Abdullah et., 2568) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการขึ้นรูปชิ้นงานถ้วยทรงกระบอกด้วยกระบวนการลากขึ้นรูป โดยเลือกใช้แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี เกรด SGCC ใช้ ดายคูชั่น เป็นอุปกรณ์ในการจับยึดกดแผ่นชิ้นงาน ชนิดสารหล่อลื่น ที่มีผลต่อการเกิดเอียริ่ง และความหนาของชิ้นงานหลังการลากขึ้นรูป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วัสดุ อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

แม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึกจะประกอบด้วยพันช์ ดายและแผ่นกดจับยึดแผ่นงาน โดยใช้พันช์กดลากแผ่นงานเข้าไปในดาย โดยมีแผ่นกดจับยึดแผ่นงานในระหว่างลากขึ้นรูปจนได้ชิ้นงานที่มีรูปทรงถ้วยกระบอกกลม การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึก (วารุณี และพงศ์พันธ์, 2552) จากแบบชิ้นงาน ดังภาพที่ 1 ชิ้นงานถ้วยกระบอกกลม โดยคำนวณหาขนาดแผ่นเปล่าได้ค่าเท่ากับ 95 มิลลิเมตร คำนวณแรงในการลากขึ้นรูป (F_{max}) ได้ 17.13 กิโลนิวตัน แรงกดจับยึดแผ่นงาน (F_{BH}) ได้ 8.5 กิโลนิวตัน ระยะช่องว่างแม่พิมพ์ ได้ 0.48 มิลลิเมตร รัศมีดาย 4 มิลลิเมตร รัศมีพันช์ 9 มิลลิเมตร พันช์กับดายและแผ่นกดจับยึดแผ่นงานใช้เหล็กกล้า SKD11 ชุบแข็ง 58–60 HRC การคำนวณหาแรงในการลากขึ้นรูปมีดังนี้



ภาพที่ 1 แบบชิ้นงาน

แรงในการลากขึ้นรูป

$$F_{max} = \pi \times d_m \times T \left[1.1 \frac{1.3 \times \sigma_u}{\eta_{dfe}} \left[\ln \frac{d_0}{d_1} - 0.25 \right] \right]$$

F_{max} = แรงสูงสุดในการขึ้นรูป (นิวตัน)

d_m = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)

T = ความหนาของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)

σ_u = ความเค้นแรงดึงสูงสุด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

η_{def} = ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนรูปของโลหะ (มีค่าระหว่าง 0.5–0.7)

d_0 = เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นเปล่า (มิลลิเมตร)

d_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพันช์ (มิลลิเมตร)

แรงกดจับยึดแผ่นงาน

ขณะทำการลากขึ้นรูปจะเกิดความเค้นอัดในแนวเส้นรอบวงที่บริเวณปีกของถ้วย การใช้แผ่นจับชิ้นงานกดบริเวณนี้จะช่วยลดปัญหาการเกิดรอยย่น ถ้าแรงกดน้อยเกินไปจะส่งผลให้เกิดรอยย่นบนปีก ถ้าใช้แรงกดบนแผ่นจับชิ้นงานมากเกินไป จะทำให้เกิดการฉีกขาดบริเวณผนังถ้วยบริเวณเหนือรัศมีพันช์ขึ้นมาเล็กน้อย การคำนวณหาแรงกดจับยึดแผ่นงานมีดังนี้

$$F_{BH} = A_{BH} \times P_{BH}$$

F_{BH} = แรงกดจับยึดแผ่นชิ้นงาน (นิวตัน)

A_{BH} = พื้นที่สัมผัสของแผ่นจับยึดชิ้นงาน (ตารางมิลลิเมตร)

P_{BH} = แรงดันในการกดแผ่นจับยึดชิ้นงาน (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

แรงดันในการกดแผ่นจับยึดชิ้นงานที่เหมาะสมคำนวณได้ดังนี้

$$P_{BH} = 10^{-3} \times C \times \left[(\beta-1)^3 + \frac{0.005 \times d_0}{T}\right] \sigma_u$$

P_{BH} = แรงดันในการกดแผ่นจับยึดชิ้นงาน (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

C = ค่าคงที่ มีค่าระหว่าง 2–3

σ_u = ความเค้นแรงดึงสูงสุด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

β = อัตราส่วนการลากขึ้นรูป

d_0 = เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นเปล่า (มิลลิเมตร)

T = ความหนาของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)

ระยะช่องว่างแม่พิมพ์

$$CL = T+0.07\sqrt{10T}$$

CL = ค่าระยะช่องว่างแม่พิมพ์ (มิลลิเมตร)

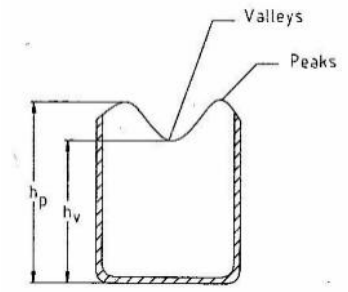
T = ความหนาของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)

เอียริ่งเกิดขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนรูปถาวรที่มีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอในแต่ละทิศทาง โดยที่ขอบด้านบนสุดของถ้วยกระบอกกลมที่ผ่านการลากขึ้นรูปลึก มีขอบไม่เรียบและมีลักษณะเป็นคลื่น คือ ประกอบด้วยยอดคลื่น (Peaks) และท้องคลื่น (Valleys) ดังภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์การเกิดเอียริ่ง ((%) Earing) จะหาค่าได้ดังนี้

$$(\%)\text{Earing} = \frac{(h_p - h_v)}{h_v} \times 100$$

h_p = ความสูงของยอดคลื่น วัดจากก้นถ้วย

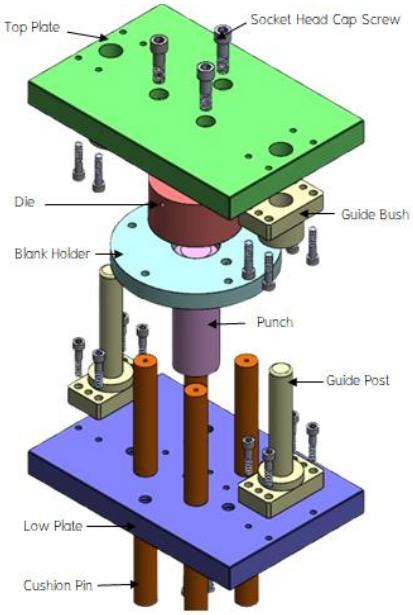
h_v = ความสูงของท้องคลื่น วัดจากก้นถ้วย



ภาพที่ 2 แสดงยอดคลื่น (Peaks) และท้องคลื่น (Valleys)

ชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป ได้ออกแบบและเขียนแบบชุดแม่พิมพ์ ดังภาพที่ 4 แล้วดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ตามแบบ โดยใช้เครื่องมือกลอัตโนมัติ (CNC) และเครื่องมือกลพื้นฐาน แล้วทำการประกอบชิ้นส่วนชุดแม่พิมพ์ ติดตั้งชุดแม่พิมพ์บนเครื่องเพรสทำการทดสอบให้ได้ชิ้นงานถ้วยกระบอกกลมทั้งมีการแก้ไขชุดแม่พิมพ์ให้สมบรูณ์

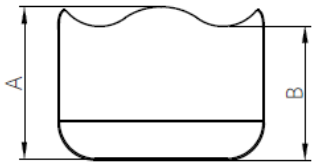
วัสดุชิ้นงานเป็นแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี ความหนา 0.4 มิลลิเมตร โดยเตรียมแผ่นเปล่าด้วยเครื่องตัดเลเซอร์ โดยใช้เครื่องเพรสแมคคานิกส์ 800 กิโลนิวตัน นำชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปไปติดตั้งบนเครื่องเพรส ดังภาพที่ 3 ทำการทดลองแต่ละสารหล่อลื่นอย่างละ จำนวน 10 ชิ้น บันทึกผลการทดลอง ตรวจสอบความสูงเอียริ่ง ดังภาพที่ 5 ตามจุดที่กำหนด จุด A คือ ระยะจากก้นถ้วยถึงตำแหน่งที่เกิดเอียริ่งสูงสุด จุด B คือ ระยะจากก้นถ้วยถึงตำแหน่งที่เกิดเอียริ่งต่ำสุด



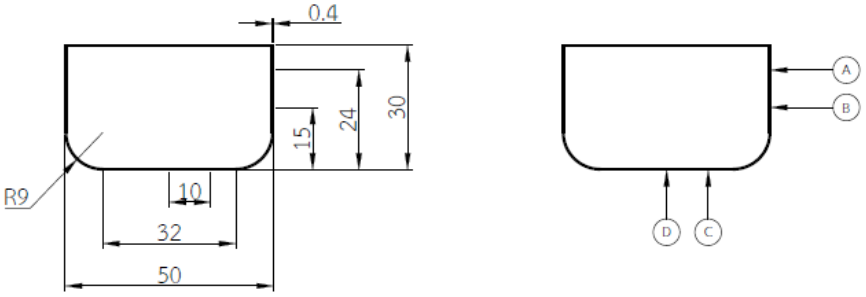
ภาพที่ 4 แบบชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึก



ภาพที่ 3 การติดตั้งชุดแม่พิมพ์บนเครื่องเพรส



ภาพที่ 5 ตรวจสอบความสูงเอียริ่ง



ภาพที่ 6 จุดตรวจวัดขนาดความหนาชิ้นงาน

วัดความหนา ดังภาพที่ 6 และบันทึกผลการวัด โดยการนำชิ้นงานปาดผิวปากถ้วยด้วยเครื่องกลึงให้ได้ความสูงเท่ากับ 30 มิลลิเมตร เท่ากันทุกชิ้น แล้วนำมาทำการผ่าครึ่งชิ้นงานด้วยการใช้เครื่องตัดโลหะด้วยเส้นลวด (EDM Wire Cut) จากนั้นทำการวัดความหนาของชิ้นงานตามตำแหน่งที่กำหนด โดยวัดความหนาของจุด A วัดผนังถ้วยที่ความสูง 24 มิลลิเมตร จากก้นถ้วย จุด B วัดผนังถ้วยที่ความสูง 15 มิลลิเมตร จากก้นถ้วย จุด C วัดผนังถ้วยที่บริเวณก้นถ้วย จากจุดศูนย์กลางของถ้วย 10 มิลลิเมตร จุด D วัดผนังถ้วยที่จุดศูนย์กลางของถ้วย โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ปากขอ แบบดิจิตอล ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของความหนาชิ้นงานหลังการลากขึ้นรูป

ผลการศึกษา

ผลการทดลองใช้แม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึกชิ้นงาน

ในการทดลองใช้เครื่องเพรส โดยกำหนดความเร็วขึ้น-ลง ที่ 25 รอบต่อนาที จะได้ชิ้นงานตารางที่ 1 ทำการทดลองลากขึ้นรูปชิ้นงานถ้วยกระบอกกลมวัสดุเหล็กเคลือบสังกะสี โดยใช้แรงกดดายศูชั่นในการกดจับยึดแผ่นชิ้นงานใช้สารหล่อลื่นน้ำมันมะพร้าว แผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง

ตารางที่ 1 ชิ้นงานหลังการลากขึ้นรูปโดยใช้สารหล่อลื่นแต่ละชนิด

	สารหล่อลื่นน้ำมันมะพร้าวกับแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย
	สารหล่อลื่นน้ำมันมะพร้าวกับแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง
	สารหล่อลื่นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง
	สารหล่อลื่นน้ำมันมะพร้าว
	ไม่ใช่สารหล่อลื่น

จากตารางที่ 1 พบว่าการทดลองไม่ใช่สารหล่อลื่น และการใช้สารหล่อลื่นน้ำมันมะพร้าว ไม่สามารถขึ้นรูปได้

ผลการตรวจสอบความสูงของเอียริ่ง

ผลการตรวจสอบความสูงของเอียริ่งหลังจากการทดลองลากขึ้นรูป การตรวจสอบดังภาพที่ 5 ด้วยเวอร์เนียร์ไฮเกจ ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร บันทึกค่าโดยจะทำการวัดขนาดความสูงเอียริ่งที่มีค่ามากสุด และมีค่าน้อยสุด ดังแสดงในตารางที่ 2

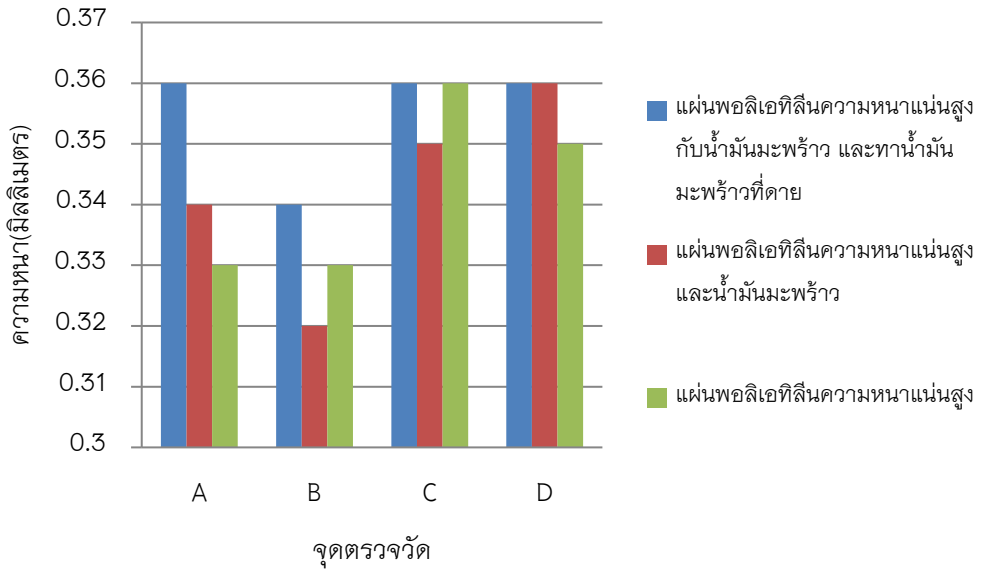
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความสูงเอียริ่งชิ้นงานหลังการลากขึ้นรูปโดยใช้สารหล่อลื่นแต่ละชนิด

สารหล่อลื่น	ตำแหน่งความสูงของถ้วยกระบอกกลมที่ทำการตรวจวัด	
	A	B
สารหล่อลื่นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย	38.52	33.68
สารหล่อลื่นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงและน้ำมันมะพร้าว	40.00	33.44
สารหล่อลื่นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง	42.34	32.62

จากตารางที่ 2 เปรียบเทียบความสูงเอียริ่งของชิ้นงานหลังการลากขึ้นรูปลึก พบว่าการเกิดเอียริ่งเมื่อใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง มีระยะจากก้นถ้วยถึงตำแหน่งที่เกิดเอียริ่งสูงสุด คือ 42.34 มิลลิเมตร ระยะจากก้นถ้วยถึงตำแหน่งที่เกิดเอียริ่งต่ำสุด 32.62 มิลลิเมตร และมีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเอียริ่ง คือ 29.79 สารหล่อลื่นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง และน้ำมันมะพร้าว มีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเอียริ่ง คือ 19.61 สารหล่อลื่นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย มีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเอียริ่ง คือ 14.37 ตามลำดับ

ผลการตรวจสอบความหนาของชิ้นงาน

ทำการวัดความหนาชิ้นงาน 4 ตำแหน่งบนชิ้นงานถ้วยกระบอกกลม ดังภาพที่ 6 หาความเปลี่ยนแปลงของความหนาชิ้นงาน ผลการวัดตรวจสอบความหนาชิ้นงานดังภาพที่ 7 ดังนี้



ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยความหนาชิ้นงาน

จากภาพที่ 7 เปรียบเทียบความหนาชิ้นงาน ที่ตำแหน่ง A พบว่า เมื่อใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง กับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย จะมีความหนาเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.36 มิลลิเมตร และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาลงลดจากความหนาเดิมของแผ่นงานน้อยที่สุดเท่ากับ 12.36 %

ที่ตำแหน่ง B พบว่า เมื่อใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง กับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย จะมีความหนาเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.34 มิลลิเมตร และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาลงลดจากความหนาเดิมของแผ่นงานน้อยที่สุดเท่ากับ 17.65 %

ที่ตำแหน่ง C พบว่า ความหนาบริเวณผนังถ้วยของชิ้นงานที่ตำแหน่ง C เมื่อใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง กับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย จะมีความหนาเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.36 มิลลิเมตร และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาลงลดจากความหนาเดิมของแผ่นงานน้อยที่สุดเท่ากับ 12.36 %

ที่ตำแหน่ง D พบว่า เมื่อใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนานแน่นสูง กับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย จะมีความหนาเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.36 มิลลิเมตร และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาลงลดจากความหนาเดิมของแผ่นงานน้อยที่สุดเท่ากับ 12.36 %

วิจารณ์และสรุปผล

การขึ้นรูปชิ้นงานถ้วยทรงกระบอกกลมเหล็กเคลือบสังกะสี เกรด SGCC ด้วยกระบวนการลากขึ้นรูป ใช้ดายคูชั่นเป็นอุปกรณ์ในการจับยึดกดแผ่นชิ้นงาน พบว่าการเกิดเอียริ่งเมื่อใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง มีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเอียริ่งมากที่สุด คือ 29.79 เมื่อใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง กับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย, สารหล่อลื่นแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง และน้ำมันมะพร้าว, สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ทำให้ความหนาของชิ้นงานลดลงมากจะอยู่บริเวณเหนือรัศมีก้นถ้วยถึงกึ่งกลางถ้วย ความหนาลดลงอยู่ระหว่างค่า 0.32-0.34 มิลลิเมตร เมื่อใช้สารหล่อลื่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง กับน้ำมันมะพร้าว และทาน้ำมันมะพร้าวที่ดาย จะรักษาความหนาชิ้นงานได้ดีกว่า การเกิดเอียริ่งจะเป็นผลมาจากคุณสมบัติของวัสดุชิ้นงาน สารหล่อลื่นไม่ทำให้เกิดเอียริ่งโดยตรง สารหล่อลื่นมีผลต่อความรุนแรงและรูปแบบที่เห็นได้ของเอียริ่ง เพราะเปลี่ยนแรงเสียดทาน

ซึ่งควบคุมการไหลของเนื้อโลหะไม่เท่ากันในแต่ละทิศทางการรีด ถูกแสดงออกมากหรือน้อยต่างกัน ข้อมูลทางวิศวกรรมนี้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะ แก้ไขการเกิดเอียริ่งต่อไป และควรมีการเปรียบเทียบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการทดลองจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง และงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

บุญส่ง ฤทธิ์ตา และคณะ. (2560). ศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการลากขึ้นรูปลึกถ้วยทรงกระบอกด้วยโปรแกรมไฟไนเอลิเมนต์. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ. 12-15 กรกฎาคม 2560. เชียงใหม่.

ไพบูลย์ หาญมนต์. (2551). การศึกษารัศมีดายที่มีผลต่อการลากขึ้นรูปชิ้นงานถ้วยกลมมีปีกของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็น. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. 29 มกราคม- 1 กุมภาพันธ์. กรุงเทพฯ 2551. หน้า 11-18.

วารุณี เปรมานนท์ และพงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์. (2552). งานขึ้นรูปโลหะ. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, พิมพ์ครั้งที่ 4.

สุรวุฒิ ยะนิล. (2557). การศึกษาการเกิดรอยติ่งของกระบวนการดึงขึ้นรูปลึกของถ้วยทรงกระบอกกลม. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 7. 6 พฤศจิกายน 2557. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. หน้า 94-99.

Janka Majerníkov, Samuel Vilkovsk and Emil Spisak. (2566) “Analyzing earing phenomenon in deep-drawing process using Simufact Forming”, The International Journal of Engineering and Science 12, pp 11-16.

Mostafa Adel Abdullah, Aseel Hamad Abed, Khalida Kadhim Monsor, (2568). “Comparision between low-carbon steel and galvanized steel by deep drawing under the influence of different parameters”, Management Systems in Production Engineering 33, pp 163-170.

การพัฒนาประสิทธิภาพของรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณด้วยวิธีการของ Searls สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

Enhancing the efficiency of the general form of estimators through Searls' approach for population mean estimation under simple random sampling

ณภัทณ์จันทร์ ด่านสวัสดิ์[1*]

Napattchan Dansawad[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาประสิทธิภาพของรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณด้วยวิธีการของ Searls [1] สำหรับประมาณค่าเฉลี่ยประชากร ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ซึ่งจะพัฒนาจากตัวประมาณที่นำเสนอโดย Dansawad และ Ketsombun [2] ซึ่งตัวประมาณดังกล่าวจะครอบคลุมตัวประมาณต่าง ๆ เช่น Singh และคณะ [3] Gupta และ Yadav [4] และ Sabo และคณะ [5] เป็นต้น ทั้งนี้คุณสมบัติที่สำคัญบางประการของตัวประมาณ เช่น ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด จะถูกนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ และผู้วิจัยจะเปรียบประสิทธิภาพของรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณที่นำเสนอกับตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจะพิจารณาจากค่าร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์ ซึ่งผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ พบว่า รูปแบบทั่วไปของตัวประมาณที่นำเสนอประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณอื่น ๆ ภายใต้สถานการณ์เดียวกัน

คำสำคัญ: รูปแบบทั่วไปของตัวประมาณ, ค่าเฉลี่ยประชากร, ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย, ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด, ร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์

Abstract

This study focuses on enhancing the efficiency of the general form of estimators using Searls' method [1] for estimating the population mean under simple random sampling. The proposed development builds upon the estimator introduced by Dansawad and Ketsombun [2], which encompasses several existing estimators, including those by Singh *et al.* [3], Gupta and Yadav [4], and Sabo *et al.* [5], among others. Essential statistical properties, such as the mean squared error (MSE) and the minimum mean squared error (MMSE), are derived and presented. The efficiency of the proposed general form of estimator is evaluated and compared with related estimators in terms of percentage relative efficiency (PRE). The comparative results demonstrate that the proposed estimator achieves higher efficiency than the existing estimators under identical sampling conditions.

Keywords: General form of estimator, Population mean, Mean squared error, Minimum mean squared error, Percentage relative efficiency

[1] ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1] Department of Mathematics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140

*Corresponding author : napattchan.dan@kmutt.ac.th

บทนำ

ในการวิจัยทางด้านการสำรวจ (Survey Sampling) นักสถิติมีความมุ่งหมายที่จะประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากร เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสัดส่วน (Proportion) และค่าความแปรปรวน (Variance) ให้มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุด การได้มาซึ่งตัวประมาณที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Estimator) ถือเป็นประเด็นสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งหนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิผลมากที่สุด คือการนำข้อมูลจากตัวแปรช่วย (Auxiliary Variable: X) มาใช้ในการพัฒนาตัวประมาณสำหรับตัวแปรที่สนใจศึกษา (Study Variable: Y) เนื่องจากตัวแปรช่วยมักมีความสัมพันธ์บางประการกับตัวแปรที่ต้องการประมาณค่า ส่งผลให้สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อน (Error) และความเอนเอียง (Bias) ของการประมาณได้อย่างมีนัยสำคัญ ในทางปฏิบัติ นักสถิติจำนวนมาก เช่น Dansawad และ Ketsombun [2] Gupta และ Yadav [4] Sabo และคณะ [5] Cochran [6] Sisodia และ Dwivedi [7] Upadhyaya และ Singh [8] Singh และ Tailor [9] Singh และคณะ [10] Yan และ Tian [11] Subramani และ Kumarpandiyan [12] Jerajuddin และ Kishun [13] และ Singh และ Agnihotri [14] ได้พัฒนาตัวประมาณที่ใช้ตัวแปรช่วยขึ้นหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและโครงสร้างของประชากร ตัวอย่างเช่น ตัวประมาณแบบอัตราส่วน (Ratio Estimator) ตัวประมาณแบบผลคูณ (Product Estimator) และตัวประมาณแบบถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Estimator) ซึ่งแต่ละรูปแบบมีสมมติฐานและเงื่อนไขที่แตกต่างกันในการใช้งาน

โดยทั่วไป ตัวประมาณแบบอัตราส่วน (Ratio Estimator) จะให้ผลการประมาณที่มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูง เมื่อเส้นการถดถอย (Regression Line) ของตัวแปร Y และ X ผ่านจุดกำเนิด (Origin) และมีความสัมพันธ์เชิงบวก (Positive Correlation) ระหว่างกัน กล่าวคือ เมื่อค่า X เพิ่มขึ้น ค่า Y มักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ตัวประมาณในลักษณะนี้จึงเหมาะสมอย่างยิ่งในกรณีที่ตัวแปรทั้งสองมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงร่วมกัน ในทางตรงกันข้าม ตัวประมาณแบบผลคูณ (Product Estimator) จะมีความเหมาะสมมากกว่า ในกรณีที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สนใจศึกษา (Y) และตัวแปรช่วย (X) เป็นเชิงลบ (Negative Correlation) กล่าวคือ เมื่อค่า X มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่า Y กลับมีแนวโน้มลดลง ตัวประมาณลักษณะนี้จึงถูกออกแบบมาเพื่อลดอคติของการประมาณในกรณีที่ตัวแปรทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน อย่างไรก็ตาม ในบางสถานการณ์ เส้นการถดถอยของตัวแปรทั้งสองไม่ได้ผ่านจุดกำเนิด แต่กลับตัดแกนตั้ง (Y-axis) แทน และมีความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X ในระดับปานกลางหรือต่ำ ในกรณีเช่นนี้ ตัวประมาณแบบถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Estimator) มักให้ผลการประมาณที่มีประสิทธิภาพและมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าตัวประมาณแบบอัตราส่วนหรือผลคูณ เพราะสามารถสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ยืดหยุ่นกว่า จากพัฒนาการดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้ตัวประมาณให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการประมาณค่าในงานสถิติการสำรวจ อีกทั้งในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ยังมีการพัฒนา “ตัวประมาณแบบดัดแปลง (Modified Estimators)” และ “ตัวประมาณแบบทั่วไป (General Form of Estimator)” ที่สามารถรวมข้อดีของตัวประมาณหลายรูปแบบเข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานและลดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Squared Error: MSE) ให้ต่ำลงกว่าวิธีดั้งเดิม

ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาประสิทธิภาพของรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณสำหรับค่าเฉลี่ยประชากร ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงและยกระดับความแม่นยำของการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรให้ดียิ่งขึ้น ภายใต้เงื่อนไขที่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในงานสำรวจข้อมูลในสาขาต่าง ๆ ทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงประยุกต์ โดยแนวคิดหลักของการวิจัยนี้คือการนำวิธีการของ Searls [1] ซึ่งเสนอแนวทางการลดค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ของตัวประมาณ ผ่าน

การใช้ข้อมูลเพิ่มเติมจากตัวแปรช่วย (Auxiliary Information) มาใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพของตัวประมาณที่นำเสนอโดย Dansawad และ Ketsombun [2] เพื่อสร้างรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squared Error: MSE) ที่ต่ำกว่าตัวประมาณในรูปแบบเดิม

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อนำเสนอรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณสำหรับค่าเฉลี่ยประชากร ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายสำหรับค่าเฉลี่ยประชากร

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณที่นำเสนอกับตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาจากค่าร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Percentage relative efficiency: PRE)

วิธีดำเนินการวิจัย

Dansawad และ Ketsombun [2] ได้พัฒนาและนำเสนอตัวประมาณแบบอัตราส่วน สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร โดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าจากตัวแปรช่วยจำนวนสองตัว ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบไม่ใส่คืน โดยรูปแบบและความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณดังสมการต่อไปนี้

$$t_1 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{a\bar{X}+b}{a\bar{x}+b}\right)\right] \tag{1}$$

$$MSE(t_1) \cong \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + \theta C_x^2(1-\alpha)\left[\theta(1-\alpha)-2K\right]\right) \tag{2}$$

เมื่อ α คือ ค่าคงที่ใด ๆ ที่จะทำให้ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ t_1 มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ a และ b คือ ฟังก์ชันหรือค่าคงที่ใด ๆ ที่สนใจศึกษา เช่น ค่าขนาดตัวอย่าง (Sample Size: n) ค่ามัธยฐาน (Median: M_d) ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ (Coefficient of Skewness: $\beta_{1(x)}$) ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง (Coefficient of Kurtosis: $\beta_{2(x)}$) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: ρ_{yx}) เป็นต้น และเมื่อแทนค่า $\alpha = (\theta - K)/\theta$ (เมื่อ $K = \rho_{yx}C_y/C_x$) ลงในสมการที่ (2) จะได้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดของตัวประมาณ แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$MMSE(t_1) = \lambda\bar{Y}^2C_y^2(1-\rho_{yx}^2) \tag{3}$$

เมื่อ $\lambda = (1-f)/n$, $f = n/N$, $C_y = S_y/\bar{Y}$, $C_x = S_x/\bar{X}$, $\theta = a\bar{X}/(a\bar{X}+b)$

ทั้งนี้ตัวอย่างของตัวประมาณที่เกิดจากการแทนค่า a และ b แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวประมาณแบบอัตราส่วน และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

ลำดับที่	ตัวประมาณ	ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
1	$t_2 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}}{\bar{x}}\right)\right]$ Singh และคณะ [3]	$MSE(t_2) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_1\left[\begin{matrix}\theta_1 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_1\end{matrix}\right]\right)$
2	$t_3 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}+n}{\bar{x}+n}\right)\right]$ Gupta และ Yadav [4]	$MSE(t_3) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_2\left[\begin{matrix}\theta_2 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_2\end{matrix}\right]\right)$
3	$t_4 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}\rho_{yx}+n}{\bar{x}\rho_{yx}+n}\right)\right]$ Sabo และคณะ [5]	$MSE(t_4) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_3\left[\begin{matrix}\theta_3 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_3\end{matrix}\right]\right)$
4	$t_5 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}+C_x}{\bar{x}+C_x}\right)\right]$	$MSE(t_5) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_4\left[\begin{matrix}\theta_4 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_4\end{matrix}\right]\right)$
5	$t_6 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}+\rho_{yx}}{\bar{x}+\rho_{yx}}\right)\right]$	$MSE(t_6) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_5\left[\begin{matrix}\theta_5 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_5\end{matrix}\right]\right)$
6	$t_7 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}+\beta_{2(x)}}{\bar{x}+\beta_{2(x)}}\right)\right]$	$MSE(t_7) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_6\left[\begin{matrix}\theta_6 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_6\end{matrix}\right]\right)$
7	$t_8 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}+\beta_{1(x)}}{\bar{x}+\beta_{1(x)}}\right)\right]$	$MSE(t_8) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_7\left[\begin{matrix}\theta_7 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_7\end{matrix}\right]\right)$
8	$t_9 = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\bar{X}+M_d}{\bar{x}+M_d}\right)\right]$	$MSE(t_9) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_8\left[\begin{matrix}\theta_8 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_8\end{matrix}\right]\right)$
9	$t_{10} = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{\beta_{2(x)}\bar{X}+C_x}{\beta_{2(x)}\bar{x}+C_x}\right)\right]$	$MSE(t_{10}) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_9\left[\begin{matrix}\theta_9 - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_9\end{matrix}\right]\right)$
10	$t_{11} = \bar{y}\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{C_x\bar{X}+\beta_{2(x)}}{C_x\bar{x}+\beta_{2(x)}}\right)\right]$	$MSE(t_{11}) = \lambda\bar{Y}^2\left(C_y^2 + C_x^2\theta_{10}\left[\begin{matrix}\theta_{10} - 2K + \alpha^2 \\ +2\alpha K - 2\alpha\theta_{10}\end{matrix}\right]\right)$

เมื่อ

$\theta_1 = 1, \theta_2 = \bar{X}/(\bar{X}+n), \theta_3 = (\bar{X}\rho_{yx})/(\bar{X}\rho_{yx}+n), \theta_4 = \bar{X}/(\bar{X}+C_x), \theta_5 = \bar{X}/(\bar{X}+\rho_{yx}), \theta_6 = \bar{X}/(\bar{X}+\beta_{2(x)}),$
$\theta_7 = \bar{X}/(\bar{X}+\beta_{1(x)}), \theta_8 = \bar{X}/(\bar{X}+M_d), \theta_9 = \beta_{2(x)}\bar{X}/(\beta_{2(x)}\bar{X}+C_x), \theta_{10} = C_x\bar{X}/(C_x\bar{X}+\beta_{2(x)})$

โดยที่ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรซึ่งเป็นตัวแปรช่วย X

$\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของตัวแปรที่สนใจศึกษา Y

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของตัวแปรช่วย X

C_y คือ สัมประสิทธิ์การแปรผันของประชากรของตัวแปรที่สนใจศึกษา Y

C_x คือ สัมประสิทธิ์การแปรผันของประชากรของตัวแปรช่วย X

ρ_{yx} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรระหว่างตัวแปร Y และ X

$\beta_{1(x)}$ คือ สัมประสิทธิ์ความเบ้ของประชากรของตัวแปรช่วย X

$\beta_{2(x)}$ คือ สัมประสิทธิ์ความโด่งของประชากรของตัวแปรช่วย X

จากตัวประมาณที่นำเสนอโดย Dansawad และ Ketsombun [2] ผู้วิจัยมีความสนใจนำวิธีการของ Searls [1] มาใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพของรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณสำหรับค่าเฉลี่ยประชากร ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยวิธีการของ Searls [1] จะมีการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวประมาณ $(\bar{y}_s)$ สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร ให้มีความเอนเอียงต่ำและค่าความแปรปรวนลดลง เมื่อเทียบกับตัวประมาณแบบดั้งเดิม ซึ่งการพัฒนาและปรับปรุงนี้เกิดจากการนำข้อมูลเชิงสถิติมาใช้ในการปรับน้ำหนักของตัวประมาณเพิ่มเติม เช่น สัมประสิทธิ์การแปรผันของประชากรของตัวแปรที่สนใจศึกษา Y โดยรูปแบบของตัวประมาณที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีดังนี้

$$t_{12} = \bar{y}_s\left[\alpha + (1-\alpha)\left(\frac{a\bar{X}+b}{a\bar{x}+b}\right)\right] \tag{4}$$

เมื่อ $\bar{y}_s = \bar{y}/(1+\lambda C_y^2)$

ในการคำนวณค่าความเอนเอียง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดของตัวประมาณ t_{12} จากสมการที่ (4) ผู้วิจัยจะทำการจัดรูปแบบของตัวประมาณ t_{12} ให้อยู่ในพจน์ความคลาดเคลื่อน (Error Terms) โดยกำหนดให้ $\bar{y} = \bar{Y}(1+e_0)$ และ $\bar{x} = \bar{X}(1+e_1)$ เมื่อ $E(e_0) = E(e_1) = 0$, $E(e_0^2) = \lambda C_y^2$, $E(e_1^2) = \lambda C_x^2$, และ $E(e_0e_1) = \lambda\rho C_yC_x$ นั่นคือจากสมการที่ (4) จะสามารถจัดสมการ ให้อยู่ในพจน์ของค่าคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

$$t_{12} = \frac{\bar{Y}(1+e_0)}{(1+\lambda C_y^2)}\left[\alpha + (1-\alpha)(1+\theta e_1)^{-1}\right] \tag{5}$$

และจากสมการที่ (5) ผู้วิจัยจะใช้อนุกรมเทย์เลอร์ในการกระจายสมการ ทั้งนี้พจน์ที่ยกกำลังมากกว่า 2 ขึ้นไปจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคลาดเคลื่อนจากการตัดปลาย (Truncation Error) ซึ่งพจน์ดังกล่าวจะลู่เข้าสู่ศูนย์ในทางทฤษฎี นั่นคือจากสมการที่ (5) จะได้ดังสมการที่ (6) ดังนี้

$$t_{12} = \frac{\bar{Y}(1+e_0)}{(1+\lambda C_y^2)}\left[1-\theta e_1+\theta^2e_1^2+\alpha\theta e_1-\alpha\theta^2e_1^2+e_0-\theta e_0e_1+\alpha\theta e_0e_1\right] \tag{6}$$

จากสมการที่ (6) สามารถหาค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ t_{12} ได้ดังนี้

$$MSE(t_{12}) \cong \frac{\bar{Y}^2\lambda}{(1+\lambda C_y^2)^2}\left[C_y^2+\theta C_x^2(1-\alpha)\left[\theta(1-\alpha)-2K\right]\right] \tag{7}$$

แทนค่า $\alpha = (\theta-K)/\theta$ ลงในสมการที่ (7) จะได้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดของตัวประมาณ t_{12} ดังนี้

$$MMSE(t_{12}) = \frac{\bar{Y}^2\lambda}{(1+\lambda C_y^2)^2}\left[C_y^2-K^2C_x^2\right] \tag{8}$$

ผลการวิจัย

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวประมาณ t_{12} ที่นำเสนอขึ้นมาใหม่กับตัวประมาณ t_1 ผู้วิจัยจะเปรียบเทียบทางทฤษฎี และการประยุกต์จากข้อมูลจริง โดยผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณทางทฤษฎี

– ผู้วิจัยจะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด โดยตัวประมาณที่ t_{12} จะมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณ t_1 เมื่อเงื่อนไขต่าง ๆ ที่แสดงดังอสมการที่ (9) และ (10) เป็นจริง

1.1 การเปรียบเทียบ $MSE(t_1)$ และ $MSE(t_{12})$

$$\left(C_y^2+\theta C_x^2(1-\alpha)\left[\theta(1-\alpha)-2K\right]\right)\left[1-\frac{1}{(1+\lambda C_y^2)^2}\right]>0 \tag{9}$$

1.2 การเปรียบเทียบ $MMSE(t_1)$ และ $MMSE(t_{12})$

$$C_y^2(1-\rho_{yx}^2)-\frac{\left[C_y^2-K^2C_x^2\right]}{(1+\lambda C_y^2)^2}>0 \tag{10}$$

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณโดยการประยุกต์จากข้อมูลจริง

– ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลจริงจำนวน 2 ชุด ซึ่งเก็บรวบรวมโดย วรวลัญช์ พูลสวัสดิ์ [15] และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [16] ตามลำดับ โดยลักษณะประชากรของข้อมูลทั้ง 2 ชุด แสดงดังนี้

ข้อมูลชุดที่ 1: $N=37,\ n=15,\ \bar{Y}=73.3707,\ \bar{X}=532.0000,\ \rho_{yx}=0.6585,\ C_x=10.8376,\ C_y=12.7633$

ข้อมูลชุดที่ 2: $N=144,\ n=70,\ \bar{Y}=3984.0714,\ \bar{X}=9608.1714,\ \rho_{yx}=0.9682,\ C_x=130.2381,\ C_y=118.9505$

ทั้งนี้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณ จะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดและค่าร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์ จากสมการที่ (11) ดังต่อไปนี้

$$PRE(t_{12})=\frac{MMSE(t_1)}{MMSE(t_{12})}\times 100 \tag{11}$$

โดยผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณต่าง ๆ จากการประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณ ภายใต้ประชากรที่ศึกษาจากข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2

ข้อมูลชุดที่ 1			ข้อมูลชุดที่ 2		
ตัวประมาณ	MMSE	PRE	ตัวประมาณ	MMSE	PRE
t_1	19688.2521	100.0000	t_1	103193966.2467	100.0000
t_{12}	461.1088	4269.7623	t_{12}	9563.2739	1079065.2629

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาประสิทธิภาพของรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณด้วยวิธีการของ Searls [1] สำหรับค่าเฉลี่ยประชากร ภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย พบว่า รูปแบบทั่วไปของตัวประมาณที่นำเสนอมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณที่นำเสนอโดย Dansawad และ Ketsombun [2] ซึ่งตัวประมาณดังกล่าวมีความครอบคลุมตัวประมาณต่าง ๆ ที่แสดงในตารางที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณในทางทฤษฎี จะพบว่า ถ้าหากเงื่อนไขในอสมการที่ (9) และอสมการที่ (10) เป็นจริง รูปแบบทั่วไปของตัวประมาณที่นำเสนอจะมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณนำเสนอโดย Dansawad และ Ketsombun [2] ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณจากการประยุกต์จากข้อมูลจริง ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า รูปแบบทั่วไปของตัวประมาณที่นำเสนอขึ้นมาใหม่ มีประสิทธิภาพดีกว่าตัวประมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทุกตัว

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้วิธีการของ Searls [1] เพื่อพัฒนารูปแบบทั่วไปของตัวประมาณสำหรับค่าเฉลี่ยประชากรภายใต้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการประมาณได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้จริง โดยผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าตัวประมาณที่พัฒนาขึ้นมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าตัวประมาณของ Dansawad และ Ketsombun [2] รวมถึงตัวประมาณอื่น ๆ ที่มีมาก่อนหน้านี้ ซึ่งสะท้อนว่าการใช้ข้อมูลเชิงสถิติที่ทราบค่าล่วงหน้า เช่น สัมประสิทธิ์การแปรผันของตัวแปรที่สนใจ สามารถลดความแปรปรวนของตัวประมาณได้อย่างมีประสิทธิผล

ในด้านผลการวิเคราะห์เชิงทฤษฎี เงื่อนไขในอสมการที่ (9) และอสมการที่ (10) ทำหน้าที่ยืนยันว่าตัวประมาณใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานของ Searls [1] ที่เน้นการใช้ข้อมูลของตัวแปรช่วยเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณ นอกจากนี้ ผลการพัฒนาในครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นว่า การกำหนดรูปแบบทั่วไปของตัวประมาณร่วมกับการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งาน และทำให้ตัวประมาณสามารถครอบคลุมทั้งตัวประมาณแบบดั้งเดิมและแบบดัดแปลงที่มีอยู่ก่อนหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงทั้งสองชุดยังแสดงความสอดคล้องกับผลเชิงทฤษฎีอย่างชัดเจน โดยตัวประมาณที่พัฒนาขึ้นให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด และมีร้อยละประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวประมาณอื่น ๆ ที่นำมาศึกษา โดยเฉพาะข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งมีระดับประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่าทุกตัวประมาณอย่างเด่นชัด สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของตัวประมาณดังกล่าวในการลดค่าความคลาดเคลื่อนภายใต้สถานการณ์เดียวกัน ผลลัพธ์นี้จึงเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนประสิทธิภาพของรูปแบบตัวประมาณที่นำเสนอ

โดยสรุป ผลการวิจัยนี้ชี้ว่า รูปแบบทั่วไปของตัวประมาณที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการของ Searls [1] มีประสิทธิภาพเหนือกว่าตัวประมาณเดิมทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงประยุกต์ อีกทั้งยังเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสำหรับการพัฒนาตัว

ประมาณในงานสถิติการสำรวจที่ต้องการความแม่นยำสูง และจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลตัวแปรช่วยในการเพิ่มความถูกต้องของค่าประมาณอย่างเป็นระบบ

เอกสารอ้างอิง

Searls DT. (1964). The utilization of a known coefficient of variation in the estimation procedure. Journal of the American Statistical Association, 59(308), 1225–1226.

Dansawad N, Ketsombun E. (2025). January). Development of ratio estimators for the population average utilizing known information from two auxiliary variables under simple sampling. Phayao Research Conference. Phayao University, Phayao: Thailand.

Singh HP, Rathour A, Solanki RS. (2012). An improvement over regression method of estimation. Statistica, 72(4), 415–429.

Gupta RK, Yadav SK. (2018). Improved estimation of population mean using information on size of the sample. American Journal of Mathematics and Statistics ,8(2), 27–35.

Sabo SA, Musa IZ, Kibiya YI. (2020). Developed ratio estimator for estimating population mean from a finite population using sample size and correlation. IJRASET, 8(5), 904–911.

Cochran WG. (1940). The estimation of the yields of the cereal experiments by sampling for the ratio of grain to total produce. Journal of Agricultural Science, 30(2), 262–275.

Sisodia BVS, Dwivedi VK. (1981). A modified ratio estimator using coefficient of variation of auxiliary variable. Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics, 33(1), 13–18.

Upadhyaya LN, Singh HP. (1999). Use of transformed auxiliary variable in estimating the finite population mean. Biometrical Journal, 41(5), 627–636.

Singh HP, Tailor R. (2003). Use of known correlation coefficient in estimating the finite population mean. Statistics in Translation, 6(4), 555–560.

Singh HP, Tailor R, Kakaran MS. (2004). An estimator of population mean using power transformation. Journal of Indian Society of Agricultural Statistics, 58(2), 223–230.

Yan Z, Tian B. (2010). Ratio method to the mean estimation using coefficient of skewness of auxiliary variable. Communications in Computer and Information Science, 106, 103–110.

Subramani J, Kumarpandiyan G. (2013). New modified ratio estimation of population mean when median of auxiliary variable is known. Journal of statistical operations research, 9(2), 137–145.

Jerajuddin M, Kishun J. (2016). Modified ratio estimators for population mean using size of the sample, selected from population. IJSRSET, 2(2), 10–16.

Singh HP, Agnihotri N. (2008). A general procedure of estimating population mean using auxiliary information in sample surveys. Statistics in Transition new series, 9(1), 71–87.

วรวลัญช์ พูลสวัสดิ์ [อินเทอร์เน็ต]. 2566; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 เมษายน 2566. ได้จาก https://www.nongnomwua.go.th/ file_subject/20230411_131606.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร[อินเทอร์เน็ต]. (2566). สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 เมษายน 2566. ได้จาก https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดลำไย/TH-TH.

การศึกษาผลกระทบของ การบูรณาการเทคโนโลยี Generative AI กับระบบ ERP ต่อการสร้างรายงาน อัตโนมัติและการพยากรณ์อุปสงค์: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตใน เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

Study of the impact of integrating generative AI technology with ERP systems on automatic report generation and demand forecasting: A case study of manufacturing industry in Bangkok and Metropolitan Area

ภัทรดนัย อิ่มอ่อง[1*], ชนินทร์ ตั้งพานทอง[1] และ กนิษฐา บางภู่ภมร[1]

Pataradanai Imong[1*], Chanin Tungpantong[1] and Kanittha Bangpoophamorn[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบรายงานอัตโนมัติและการพยากรณ์อุปสงค์ที่ผสาน Generative AI กับระบบ Odoo ERP ผ่าน n8n 2) เพื่อประเมินระดับการยอมรับของผู้ใช้ก่อน–หลังใช้งานตามกรอบ UTAUT 3) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนทั้งห้ามิติ ได้แก่ PE, EE, SI, FC และ BI และ 4) เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจใช้งานระบบภายหลังการทดลองในบริบทการทำงานจริง ซึ่งการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลองใช้รูปแบบ Pre–Post One Group Design มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ได้จากการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยต้องเป็นผู้ใช้งาน Odoo ERP ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำหรือใช้รายงาน เครื่องมือประกอบด้วยต้นแบบระบบ AI–ERP และแบบสอบถาม UTAUT ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.906 (ก่อนใช้งาน) และ 0.850 (หลังใช้งาน) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา Paired t–test และขนาดผล Cohen's d ดำเนินการด้วยโปรแกรม jamovi ผลการวิจัยพบว่าคะแนนหลังใช้งานสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทุกมิติ ($p < .05$) โดย FC ($d = –0.959$) และ BI ($d = –1.074$) มีขนาดผลสูงที่สุด ทั้งนี้ ค่า Cohen's d ที่ติดลบเกิดจากสูตรคำนวณที่ใช้ค่าเฉลี่ยแบบ “ก่อนลบหลัง” สะท้อนว่าระบบช่วยลดงานซ้ำซ้อน เพิ่มความรวดเร็ว ส่งผลต่อการยอมรับและความตั้งใจใช้งานระบบในอนาคตอย่างเด่นชัด

คำสำคัญ: Generative AI, ERP, UTAUT, รายงานอัตโนมัติ, การยอมรับเทคโนโลยี

[1] คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

[1] Computer and Information Technology, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi Bangkok 10140

*Corresponding author : pataradanai.pom@gmail.com

Abstract

This study aimed 1) to develop a prototype system for automated report generation and demand forecasting that integrates Generative AI with the Odoo ERP platform via n8n, 2) to assess user acceptance before and after system use based on the UTAUT framework, 3) to analyze differences across all five UTAUT dimensions—PE, EE, SI, FC, and BI, and 4) to identify factors influencing users' intention to adopt the system after real-world implementation. The research employed a quantitative quasi-experimental design using a Pre-Post One Group approach. The sample consisted of 30 participants selected through purposive sampling, limited to Odoo ERP users who were responsible for producing or utilizing operational reports. The research instruments included the AI-ERP prototype and a UTAUT questionnaire validated by domain experts. The reliability coefficients were 0.906 (pre-use) and 0.850 (post-use). Data were analyzed using descriptive statistics, paired t-tests, and Cohen's d effect sizes, processed with the jamovi software. The findings revealed statistically significant increases in all dimensions after system use ($p < .05$). FC ($d = -0.959$) and BI ($d = -1.074$) demonstrated the largest effect sizes. The negative values of Cohen's d resulted from the formula using "pre minus post" means, indicating that post-use scores were substantially higher. These results show that the system effectively reduced repetitive tasks, improved workflow speed, and strongly enhanced both user acceptance and intention to continue using the system in the future.

Keywords: Generative AI, ERP, UTAUT, automated reporting, user acceptance

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันกำลังเผชิญกับการแข่งขันที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นด้านต้นทุน ความผันผวนของอุปสงค์ หรือความต้องการข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ ระบบบริหารจัดการทรัพยากรองค์กร (ERP) จึงเป็นโครงสร้างสำคัญในการรวมศูนย์ข้อมูลจากหลายแผนก อย่างไรก็ตาม แม้ ERP จะสามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่กระบวนการสร้างรายงานเชิงลึก การสรุปข้อมูล และการวิเคราะห์ประกอบการตัดสินใจ ยังคงเป็นภาระหลักที่ต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก ซึ่งไม่สอดคล้องกับความต้องการขององค์กรยุคดิจิทัล ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยี Generative AI ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถช่วยประมวลผลและสรุปข้อมูลเชิงซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว งานของ Emergys [1] ระบุว่า Generative AI สามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำของการพยากรณ์อุปสงค์ ลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูล และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ในธุรกิจการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันงานของ Hagos และคณะ [2] ชี้ว่าแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ (LLM) รุ่นใหม่สามารถทำงานเชิงความเข้าใจบริบท (contextual understanding) การสรุปข้อมูล (summarization) และการจับความสัมพันธ์เชิงลึกระหว่างข้อมูลได้ดีขึ้นอย่างมาก ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับการประยุกต์ใช้ในงานวิเคราะห์ข้อมูลของ ERP ที่มีข้อมูลจำนวนมากและหลากหลายมิติ ในระดับองค์กรชั้นนำ การผสาน Generative AI เข้ากับระบบ ERP กำลังกลายเป็นมาตรฐานใหม่ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยรายงานของ Microsoft [5] ระบุว่าการบูรณาการ AI เข้ากับ ERP สามารถลดเวลาการจัดทำรายงานลงอย่างมีนัยสำคัญ ลดความผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลด้วยมือ และเพิ่มความสามารถในการทำความเข้าใจข้อมูลผ่านการสรุปผลในรูปแบบภาษาธรรมชาติที่อ่านง่ายและนำไปใช้ตัดสินใจได้ทันที ในบริบทของประเทศไทย SAP APAC [6] รายงานว่าองค์กรภาคการผลิตกำลังเร่งนำเทคโนโลยี AI มาใช้เพื่อสนับสนุนการขับเคลื่อนตามนโยบาย Thailand 4.0 โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์ข้อมูล การบริหารจัดการซัพพลายเชน และการจัดทำรายงาน

อัตโนมัติซึ่งเป็นภารกิจที่สามารถปลดล็อกประสิทธิภาพได้อย่างมาก ในงานวิจัยนี้ ระบบ ERP ที่ใช้คือ Odoo ERP ซึ่งเป็นชุดซอฟต์แวร์บริหารธุรกิจแบบโอเพนซอร์สที่รวมแอปพลิเคชันทางธุรกิจหลากหลาย เช่น CRM, การขาย, คลังสินค้า, การผลิต, บัญชี และโครงการ เข้าไว้ในแพลตฟอร์มเดียว โดยออกแบบมาให้เป็นระบบที่ “บูรณาการเป็นหนึ่งเดียว” และใช้งานได้ง่ายสำหรับองค์กรทุกขนาด[7] ขณะเดียวกันงานวิจัยใช้ n8n เป็นแพลตฟอร์ม workflow automation แบบ fair-code/low-code ที่ใช้สร้างกระบวนงานอัตโนมัติ (workflows) โดยเชื่อมต่อแอปและบริการต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และในเวอร์ชันปัจจุบันได้ผสานความสามารถด้าน AI เข้ากับการทำ automation ทางธุรกิจ [8] ใช้สำหรับเชื่อมต่อ Odoo ERP กับบริการภายนอกผ่าน API และกำหนดลำดับขั้นตอนตั้งแต่การดึงข้อมูล การเตรียมข้อมูล ไปจนถึงการเรียกใช้บริการ AI ในส่วนของ Generative AI งานวิจัยนี้ใช้บริการจาก OpenAI เพื่อให้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ (LLM) เชื่อมต่อผ่าน OpenAI API สำหรับทำหน้าที่สรุปข้อมูล วิเคราะห์เนื้อหา และงาน AI เชิง generative อื่น ๆ[9] โดยนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนผลลัพธ์เชิงตัวเลขของการพยากรณ์อุปสงค์ให้กลายเป็นข้อความภาษาธรรมชาติที่อ่านเข้าใจง่าย เหมาะสำหรับผู้บริหารและผู้ใช้งานปลายทาง นอกจากนี้ยังใช้ Airtop.AI เป็นเครื่องมือแพลตฟอร์ม no-code สำหรับสร้าง “AI web agents” ที่ช่วยให้ผู้ใช้สั่งงานให้เอเจนต์ดึงข้อมูลภายนอก เช่น ข้อมูลตลาด ภาวะเศรษฐกิจ หรือข้อมูลสถิติที่เกี่ยวข้อง และยังสามารถ การเก็บข้อมูล (data extraction), data enrichment หรือการกรอกฟอร์มและทริกเกอร์ workflow ผ่านเบราว์เซอร์จริง[10] เพื่อเสริมบริบทให้กับข้อมูลภายใน ERP เมื่อผสานเครื่องมือทั้งสี่เข้าด้วยกัน ข้อมูลดิบจาก Odoo ERP จะถูก n8n ดึงและเตรียมข้อมูล ก่อนส่งต่อไปยัง OpenAI และ Airtop.AI เพื่อประมวลผลเชิงวิเคราะห์และสร้างคำอธิบายเชิงบริบท จากนั้น n8n จะจัดรูปแบบผลลัพธ์ให้เป็นรายงานอัตโนมัติในรูปแบบไฟล์ (เช่น PDF) หรืออีเมล ส่งกลับไปยังผู้ใช้งานโดยไม่ต้องทำงานซ้ำซ้อนด้วยมือ ทำให้ผู้อ่านสามารถมองเห็น workflow ตั้งแต่ข้อมูลต้นทางใน ERP จนถึงรายงานอัตโนมัติได้อย่างชัดเจน

แม้เทคโนโลยีจะมีศักยภาพสูงเพียงใด แต่ความสำเร็จของการนำระบบ AI–ERP ไปใช้งานจริงกลับขึ้นอยู่กับการยอมรับของผู้ใช้งานโดยตรง หากผู้ใช้รู้สึกว่าระบบซับซ้อน ใช้งานยาก หรือไม่ตอบโจทย์การทำงาน ระบบที่พัฒนามาดีเพียงใดก็อาจไม่ถูกใช้งานอย่างเต็มที่ ปัจจัยด้านมนุษย์จึงเป็นหัวใจสำคัญในการประเมินความสำเร็จของเทคโนโลยีใหม่ในองค์กร การประเมินการยอมรับจึงมีความจำเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในงานที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทำงานหลัก เช่น การจัดทำรายงานอัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลยุทธ์ และการพยากรณ์อุปสงค์ในระบบ ERP กรอบแนวคิด UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) จึงเป็นโมเดลที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี โดยพิจารณาจากองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (Performance Expectancy: PE) คือความเชื่อของผู้ใช้ว่าเทคโนโลยีช่วยให้ทำงานได้ดีขึ้น ความคาดหวังในความง่ายของการใช้งาน (Effort Expectancy: EE) คือความรู้สึกว่าระบบใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน อิทธิพลจากบุคคลรอบข้าง (Social Influence: SI) คืออิทธิพลจากบุคคลรอบตัว เช่น หัวหน้า เพื่อนร่วมงาน หรือวัฒนธรรมองค์กร และเงื่อนไขเอื้อต่อการใช้งาน (Facilitating Conditions: FC) คือความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานของผู้ใช้ ส่วนความตั้งใจใช้งาน (Behavioral Intention: BI) คือความตั้งใจของผู้ใช้ที่จะใช้งานระบบต่อไป ซึ่งทั้งหมดส่งผลต่อความตั้งใจใช้งาน การประเมินผ่านโมเดลนี้จึงช่วยให้สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้งานได้ครบถ้วนและลึกซึ้ง โดยเฉพาะในเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำงานอย่างชัดเจน เช่น ระบบรายงานอัตโนมัติที่ผสาน Generative AI นอกจากนี้ คุณภาพของเครื่องมือวิจัยก็เป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินพฤติกรรมผู้ใช้ โดย Izah และคณะ [3] อธิบายว่า Cronbach’s alpha เป็นดัชนีมาตรฐานที่ใช้ประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถาม ซึ่งช่วยให้มั่นใจว่าข้อคำถามสามารถวัดตัวแปรเดียวกันได้อย่างถูกต้อง ส่วนการประเมินความแตกต่างของผลก่อน-หลังการใช้งานจำเป็นต้องวัดขนาดผล (Effect Size) ควบคู่กับค่า p-value โดย Lumen Learning [4] อธิบายว่า Cohen’s d เป็นเกณฑ์สำคัญที่ช่วยให้เห็น “ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญเชิงปริมาณมากขึ้น” [4] แม้ว่างานวิจัยระดับสากลจะสะท้อนศักยภาพของ Generative AI ต่อการสรุปข้อมูล การวิเคราะห์เชิงลึก และการพยากรณ์อุปสงค์ [1][2] แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ประเมินผลของการบูรณาการ Generative AI เข้ากับระบบ

ERP ในบริบทโรงงานไทยแบบใช้งานจริง (real workflow) โดยเฉพาะการเชื่อม Odoo ERP + n8n + OpenAI + Airtop.AI เพื่อสร้างระบบรายงานอัตโนมัติและข้อมูลเสริมเชิงบริบทตามที่งานนี้ได้พัฒนาไว้ ที่สำคัญ งานวิจัยก่อนหน้าในไทยยังไม่ได้นำ Pre–Post UTAUT มาใช้วัดการเปลี่ยนแปลงก่อน–หลังใช้งานระบบ AI–ERP โดยตรง ขาดการระบุขนาดผล (Effect Size) และการทดสอบเชิงสถิติ (Paired t–test) เพื่อยืนยันว่าเทคโนโลยีใหม่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้งานอย่างแท้จริง จากเหตุผลทั้งหมดนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลกระทบของการบูรณาการ Generative AI เข้ากับระบบ ERP ในด้านการจัดทำรายงานและการพยากรณ์อุปสงค์ ควบคู่กับการประเมินระดับการยอมรับของผู้ใช้งานผ่านกรอบ UTAUT เพื่อสะท้อนทั้งมิติด้านเทคโนโลยีและด้านพฤติกรรมผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จในการนำเทคโนโลยีดิจิทัลไปใช้ในองค์กรการผลิตของประเทศไทยในยุค Thailand 4.0

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบรายงานอัตโนมัติและการพยากรณ์อุปสงค์ที่ผสานเทคโนโลยี Generative AI เข้ากับระบบ Odoo ERP ผ่านแพลตฟอร์ม n8n
2. เพื่อประเมินระดับการยอมรับก่อนและหลังใช้งานระบบด้วยกรอบแนวคิด UTAUT (Pre–UTAUT และ Post–UTAUT)
3. เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนการยอมรับระหว่างก่อนและหลังใช้งานในแต่ละมิติของ UTAUT ได้แก่ PE, EE, SI, FC และ BI
4. เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจใช้งานระบบ หลังจากมีการทดลองใช้ต้นแบบจริงภายในองค์กร

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

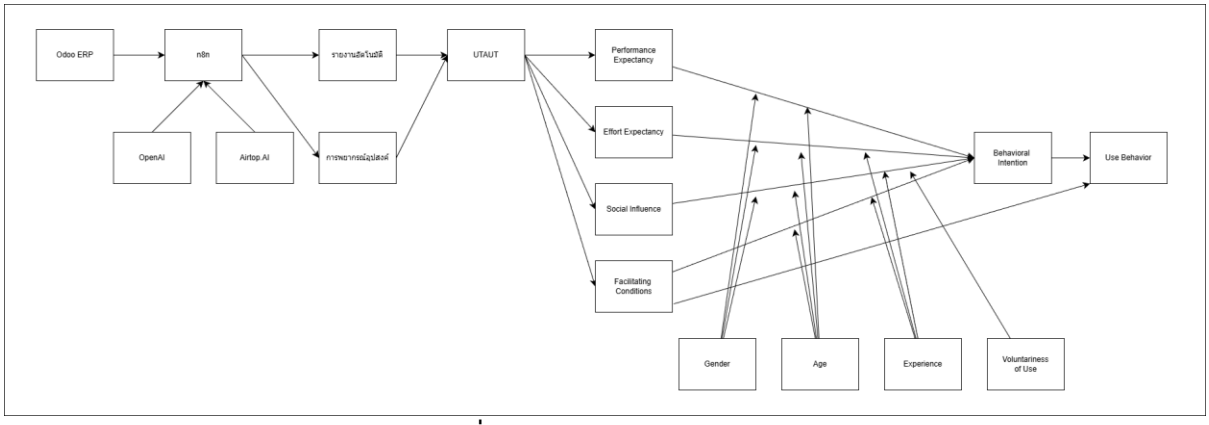
ในการวิจัยนี้ได้กำหนดสมมุติฐานไว้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยคะแนน PE หลังใช้งานระบบสูงกว่าก่อนใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ
2. ค่าเฉลี่ยคะแนน EE หลังใช้งานระบบสูงกว่าก่อนใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ
3. ค่าเฉลี่ยคะแนน SI ก่อนและหลังใช้งานระบบไม่แตกต่างกัน
4. ค่าเฉลี่ยคะแนน FC ก่อนและหลังใช้งานระบบไม่แตกต่างกัน
5. ค่าเฉลี่ยคะแนน BI หลังใช้งานระบบสูงกว่าก่อนใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ

ในการวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักที่เชื่อมโยงกัน คือ

1. ส่วนของระบบเทคโนโลยี AI–ERP ซึ่งประกอบด้วย Odoo ERP เป็นแหล่งข้อมูลหลักขององค์กร n8n เป็นตัวจัดการกระบวนงานที่เชื่อมต่อ Odoo ERP กับ OpenAI และ Airtop.AI เพื่อสร้างกระบวนการดึงข้อมูล พยากรณ์อุปสงค์และจัดทำรายงานอัตโนมัติ

2. ส่วนของการยอมรับเทคโนโลยีตามกรอบ UTAUT ซึ่งใช้มิติ PE, EE, SI และ FC เป็นตัวแทนการรับรู้ของผู้ใช้ต่อระบบ AI–ERP และใช้ BI เป็นตัวแทนความตั้งใจใช้งานระบบในอนาคต โดยทำการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างก่อนและหลังใช้งาน (Pre–UTAUT และ Post–UTAUT) เพื่อดูผลของการทดลองใช้ระบบ AI–ERP ที่เชื่อม Odoo ERP + n8n + OpenAI + Airtop.AI ต่อการเปลี่ยนแปลงการยอมรับของผู้ใช้งานในมิติต่าง ๆ



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental) โดยประเมินระดับการยอมรับก่อนและหลังการใช้งานระบบรายงานอัตโนมัติที่ผสานเทคโนโลยี Generative AI กับระบบ ERP ผ่านกรอบแนวคิด UTAUT เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยต้นแบบระบบ (Prototype) และแบบสอบถามวัดการยอมรับเทคโนโลยี

รูปแบบการศึกษา

ใช้รูปแบบ Pre–Post One Group Design โดยกลุ่มตัวอย่างชุดเดิมตอบแบบสอบถาม UTAUT สองครั้ง ได้แก่

1. ก่อนใช้งานระบบจริง (Pre–UTAUT)
2. หลังใช้งานระบบจริง (Post–UTAUT)

ประชากรและขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัย

กลุ่มตัวอย่างคือพนักงานในองค์กรการผลิตแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 30 คน จากหลายแผนก เช่น ฝ่ายขาย คลังสินค้า การผลิต จัดซื้อ และบัญชี ใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยมีเกณฑ์ดังนี้

1. เป็นผู้ใช้งานระบบ Odoo ERP อยู่แล้ว
2. มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำรายงานหรือใช้ข้อมูลรายงาน
3. พร้อมทดลองใช้ระบบต้นแบบจริงในกระบวนการทำงาน

กระบวนการทดลอง

1. ผู้วิจัยประสานงานกับผู้บริหารและหัวหน้างาน เพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ที่กำหนด และชี้แจงวัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิจัย รวมถึงการรักษาความลับของข้อมูล
2. กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถาม Pre–UTAUT เพื่อเก็บข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีก่อนใช้งานระบบต้นแบบ
3. ผู้วิจัยสาธิตขั้นตอนการใช้งานระบบรายงานอัตโนมัติที่เชื่อม Odoo ERP กับ n8n, OpenAI และ Airtop.AI และให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ระบบในการจัดทำรายงานและเรียกดูผลการพยากรณ์อุปสงค์ในงานประจำของตน ภายใต้สภาพการทำงานจริง
4. เมื่อครบระยะเวลาทดลองใช้งานตามที่กำหนด กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถาม Post–UTAUT เพื่อประเมินการยอมรับหลังใช้งานระบบต้นแบบ
5. ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนของแบบสอบถามทุกชุด จากนั้นนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติ

เครื่องมือที่ใช้และการตรวจสอบคุณภาพ

1. พัฒนาระบบรายงานอัตโนมัติด้วยสถาปัตยกรรมที่ประกอบด้วย Odoo ERP เป็นฐานข้อมูลหลัก, n8n เป็น Workflow Orchestrator, OpenAI สำหรับสรุปรายงานเป็นข้อความภาษาธรรมชาติ และ Airtop.AI สำหรับดึงข้อมูลภายนอกเพื่อเสริมบริบท โดยมีกระบวนการทำงานหลักดังนี้

1.1 n8n ดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องจาก Odoo ERP ผ่าน API และจัดเตรียมชุดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

1.2 n8n เรียกใช้ Airtop.AI เพื่อดึงข้อมูลภายนอกที่เกี่ยวข้องกับบริบทของอุปสงค์ เช่น แนวโน้มตลาดหรือข้อมูลเศรษฐกิจ

1.3 ข้อมูลจาก Odoo ERP และข้อมูลภายนอกจะถูกส่งต่อให้ OpenAI เพื่อให้โมเดล Generative AI สร้างสรุปวิเคราะห์ผลการพยากรณ์อุปสงค์ และจัดทำข้อความรายงานในรูปแบบภาษาธรรมชาติ

1.4 n8n รวมข้อความจาก OpenAI เข้ากับตารางหรือกราฟที่ได้จากกระบวนการพยากรณ์ จัดรูปแบบเป็นไฟล์รายงาน (เช่น PDF) และส่งออกให้ผู้ใช้ผ่านอีเมล

ระบบต้นแบบรองรับทั้งรายงานแบบสร้างอัตโนมัติที่ตั้งเวลาไว้ล่วงหน้า (Automatic Scheduled Reports) และรายงานแบบเรียกใช้งานตามต้องการ (On-demand Execution)

2. แบบสอบถาม UTAUT และการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาแบบสอบถามวัดการยอมรับเทคโนโลยี แบ่งเป็น 5 มิติ ได้แก่ PE, EE, SI, FC และ BI รวม 25 ข้อ ใช้มาตราส่วน Likert 5 ระดับ ก่อนนำไปเก็บข้อมูลจริง ผู้วิจัยส่งแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านในสาขาระบบสารสนเทศ/การจัดการอุตสาหกรรมและวิจัยเชิงปริมาณพิจารณาความครอบคลุมของเนื้อหา ความชัดเจนของข้อความ และความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับตัวแปรเชิงทฤษฎี พร้อมทั้งปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อให้แบบสอบถามมีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

ตารางที่ 1 ค่าความเชื่อมั่นภายในของแบบสอบถาม แยกตามมิติ ก่อนและหลังการใช้งาน

มิติของแบบสอบถาม	จำนวนข้อ	Cronbach's Alpha ก่อนใช้งาน	Cronbach's Alpha หลังใช้งาน	การแปลผล
Performance Expectancy (PE)	3	0.651	0.642	ปานกลาง
Effort Expectancy (EE)	4	0.593	0.666	ปานกลาง
Social Influence (SI)	4	0.653	0.695	ปานกลาง
Facilitating Conditions (FC)	3	0.508	0.636	ค่อนข้างต่ำ
Behavioral Intention (BI)	4	0.648	0.683	ปานกลาง
รวมทุกมิติ	**17**	**0.906**	**0.850**	**สูง**

จากการตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach's alpha จากข้อมูลจริง พบว่าก่อนใช้งานระบบมีค่า α = 0.906 และหลังใช้งานระบบมีค่า α = 0.850 ซึ่งอยู่ในระดับสูง แสดงถึงความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัด

วิธีการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยจัดเก็บข้อมูลโดยแจกแบบสอบถาม Pre–UTAUT ให้กลุ่มตัวอย่างตอบในช่วงก่อนเริ่มใช้งานระบบต้นแบบ จากนั้นเปิดให้ใช้งานระบบรายงานอัตโนมัติที่ผสาน Generative AI กับ Odoo ERP ในกระบวนการทำงานจริงของแต่ละแผนก เมื่อสิ้นสุดช่วงทดลองใช้งาน จึงแจกแบบสอบถาม Post–UTAUT ให้กลุ่มตัวอย่างตอบอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของการยอมรับเทคโนโลยี ก่อนนำแบบสอบถามที่ตอบสมบูรณ์เข้าสู่การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาด้วยสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในแต่ละมิติของ UTAUT ทั้งก่อนและหลังใช้งานระบบต้นแบบ จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนน Pre–UTAUT และ Post–UTAUT ด้วยสถิติ Paired t–test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 รวมทั้งคำนวณขนาดผลของความแตกต่างด้วย Cohen's d เพื่อใช้ประกอบการตีความผลเชิงปริมาณ โดยการคำนวณสถิติทั้งหมดดำเนินการด้วยโปรแกรม jamovi จากชุดข้อมูลจริงของกลุ่มตัวอย่าง 30 คน

ผลการศึกษา

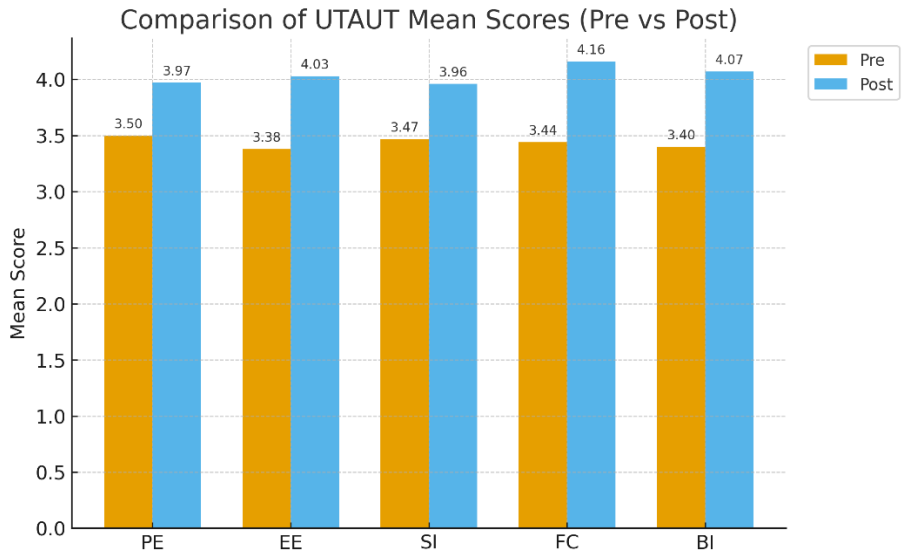
ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแต่ละมิติของ UTAUT ก่อนและหลังการใช้งานระบบ AI–ERP แสดงในตารางที่ 2 โดยพบว่าคะแนนในทุกมิติ เพิ่มสูงขึ้นหลังใช้งาน ซึ่งสะท้อนถึงการรับรู้เชิงบวกจากการใช้งานระบบต้นแบบ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน Pre–UTAUT และ Post–UTAUT

มิติของ UTAUT	Pre–Mean	Pre–SD	Post–Mean	Post –SD
PE	3.50	0.56	3.97	0.52
EE	3.38	0.55	4.03	0.54
SI	3.47	0.46	3.96	0.48
FC	3.44	0.50	4.16	0.50
BI	3.40	0.49	4.07	0.40

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนน Post–UTAUT ของทุกมิติอยู่ในระดับ "สูง" ทั้งสิ้น โดยมิติที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ เงื่อนไขเอื้อต่อการใช้งาน (FC) (Mean = 4.16, SD = 0.50) รองลงมาคือ ความตั้งใจที่จะใช้งาน (BI) (Mean = 4.07, SD = 0.40) และความคาดหวังในความง่ายของการใช้งาน (EE) (Mean = 4.03, SD = 0.54) ส่วนมิติด้านความคาดหวังในประสิทธิภาพ (PE) (Mean = 3.97, SD = 0.52) และอิทธิพลจากบุคคลรอบข้าง (SI) (Mean = 3.96, SD = 0.48) แม้จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ามิติอื่นเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในระดับสูงเช่นกัน สะท้อนว่าผู้ใช้ยอมรับระบบ AI–ERP ในเชิงบวกอย่างกว้างขวางหลังการทดลองใช้จริง



รูปที่ 2 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนน Pre–UTAUT และ Post–UTAUT

ผลการทดสอบความแตกต่างก่อน–หลังใช้งาน

ผลการทดสอบ Paired t-test แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยหลังใช้งานระบบ AI–ERP สูงกว่าก่อนใช้งานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกมิติของ UTAUT ที่ระดับ α = .05

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ Paired t-test ของคะแนน Pre–UTAUT และ Post–UTAUT

มิติ	t(df = 29)	p-value	ผลต่างเฉลี่ย	95% CI
PE	–3.03	0.005	–0.467	[–0.781, –0.152]
EE	–4.06	< .001	–0.647	[–0.973, –0.322]
SI	–3.87	< .001	–0.492	[–0.752, –0.232]
FC	–5.25	< .001	–0.711	[–0.988, –0.434]
BI	–5.88	< .001	–0.667	[–0.898, –0.435]

ผลต่างเฉลี่ย (Pre – Post) เป็นค่าติดลบ เนื่องจากคะแนนหลังใช้งานสูงกว่า ซึ่งแสดงว่า ระบบ AI–ERP ช่วยเพิ่มการรับรู้ในทุกมิติอย่างมีนัยสำคัญ

ขนาดผล (Effect Size: Cohen's d)

เพื่อเสริมความเข้าใจด้านปริมาณของผลการเปลี่ยนแปลง ได้คำนวณขนาดผลด้วยค่า Cohen's d จากผลจริง พบว่า FC และ BI มีขนาดผล "มาก" (large effect) PE, EE, SI อยู่ในระดับ "กลาง–มาก" (medium to large)

ตารางที่ 4 ขนาดผลของการเปลี่ยนแปลงคะแนน Pre–Post UTAUT

มิติ	Cohen's d	ระดับการตีความ
PE	–0.554	กลาง
EE	–0.742	มาก
SI	–0.706	มาก
FC	–0.959	มากที่สุด
BI	–1.074	มากที่สุด

เมื่อพิจารณาขนาดผลของความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังใช้งานระบบจากค่า Cohen's d พบว่า มิติ FC (Facilitating Conditions) และ BI (Behavioral Intention) มีขนาดผลสูงที่สุด โดย FC มีค่า d = –0.959 และ BI มีค่า d = –1.074 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ "มาก" ตามเกณฑ์ของ Cohen แสดงให้เห็นว่าการทดลองใช้ระบบ AI–ERP ส่งผลให้การรับรู้ด้าน "โครงสร้างพื้นฐานและทรัพยากรที่เอื้อต่อการใช้งานระบบ" และ "ความตั้งใจที่จะใช้งานระบบต่อเนื่องในอนาคต" เปลี่ยนแปลงไปในเชิงบวกอย่างรุนแรงกว่ามิติอื่น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะของต้นแบบระบบที่ออกแบบให้ลดงานรายงานแบบ manual แปลงกระบวนการดึงข้อมูล–สรุปผล–จัดรูปแบบรายงานให้เป็น workflow อัตโนมัติ เชื่อมต่อ Odoo ผ่าน n8n และใช้ Generative AI จัดทำรายงานในรูปแบบไฟล์ PDF ส่งทางอีเมล ทำให้ผู้ใช้รับรู้ชัดเจนว่ามีเครื่องมือและขั้นตอนมาตรฐานรองรับการทำงาน (สะท้อนใน FC ที่เพิ่มขึ้นมาก) ขณะเดียวกันเมื่อผู้ใช้เห็นผลลัพธ์จริงว่าสามารถลดเวลาทำรายงานซ้ำ ๆ และเข้าถึงข้อมูลเพื่อการตัดสินใจได้เร็วขึ้น จึงเกิดความตั้งใจที่จะใช้งานระบบอย่างต่อเนื่องในอนาคต ส่งผลให้ค่า BI มีขนาดผลสูงที่สุดในบรรดาทุกมิติ เมื่อเทียบกับมิติ PE, EE และ SI ที่มีขนาดผลอยู่ในช่วง "กลางถึงมาก" การที่ FC และ BI มีขนาดผลสูงกว่าชัดเจนแปลว่าแม้ผู้ใช้จะรับรู้ว่าระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและใช้งานไม่ยากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญแล้วก็ตาม จุดที่ระบบสร้าง "แรงกระแทก" ด้านการรับรู้มากที่สุดกลับอยู่ที่การมี workflow และทรัพยากรสนับสนุนที่ชัดเจน และการที่ผู้ใช้ตัดสินใจว่าจะนำระบบมาใช้จริงในระยะยาว ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญของความสำเร็จในการนำ AI–ERP ไปใช้ในองค์กร

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลกระทบของการบูรณาการเทคโนโลยี Generative AI กับระบบ ERP ในการสร้างรายงานอัตโนมัติและการพยากรณ์อุปสงค์ รวมถึงการประเมินระดับการยอมรับของผู้ใช้งานผ่านกรอบแนวคิด UTAUT ในกลุ่มพนักงานอุตสาหกรรมการผลิตจำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถาม UTAUT แบบ Pre–Post ควบคู่กับต้นแบบระบบที่เชื่อมต่อ Odoo ERP กับ n8n, OpenAI และ Airtop.AI ซึ่งรองรับทั้งการสร้างรายงานอัตโนมัติแบบตั้งเวลาและการเรียกใช้งานแบบ On–demand ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือพบว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง (α = 0.906 ก่อนใช้งาน และ 0.850 หลังใช้งาน) สะท้อนว่าเครื่องมือมีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับใช้ประเมินการยอมรับเทคโนโลยีในบริบทจริง ผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนาจากคะแนน UTAUT แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยหลังใช้งาน (Post–UTAUT) ของทุกมิติสูงกว่าก่อนใช้งาน (Pre–UTAUT) อย่างชัดเจน โดยหลังใช้งานระบบแล้วผู้ใช้มีการรับรู้ในระดับ "สูง" เกือบทุกมิติ โดยเฉพาะมิติ FC (เงื่อนไขเอื้อต่อการใช้งาน) ที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (Mean = 4.16, SD = 0.50) รองลงมาคือ BI (ความตั้งใจใช้งาน) (Mean = 4.07, SD = 0.40) และ EE (ความคาดหวังในความง่ายของการใช้งาน) (Mean = 4.03, SD = 0.54) ขณะที่ PE (ประสิทธิภาพที่คาดหวัง) และ SI (อิทธิพลทาง

สังคม) มีค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ระดับสูง (ประมาณ 3.9x) สะท้อนว่าผู้ใช้มีทัศนคติเชิงบวกต่อระบบ AI–ERP ที่พัฒนาขึ้นในทุกมิติ ทั้งด้านประสิทธิภาพ ความง่ายในการใช้งาน การสนับสนุนจากองค์กร และความตั้งใจจะใช้งานต่อเนื่อง ผลการทดสอบ Paired t–test พบว่าคะแนนหลังใช้งานระบบ AI–ERP สูงกว่าก่อนใช้งานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกมิติของ UTAUT ($p < .05$) ทั้ง PE, EE, SI, FC และ BI แสดงให้เห็นว่า การนำระบบรายงานอัตโนมัติที่ผสาน Generative AI ไปใช้ในกระบวนการทำงานจริง สามารถยกระดับการรับรู้และการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ได้จริง ไม่ได้เป็นเพียงการรับรู้ในเชิงทฤษฎีหรือความคาดหวังล่วงหน้า เมื่อพิจารณาขนาดผลของความแตกต่างด้วยค่า Cohen's d พบว่า FC และ BI มีขนาดผลอยู่ในระดับ "มากที่สุด" (FC $d = -0.959$, BI $d = -1.074$) ขณะที่ PE, EE และ SI มีขนาดผลอยู่ในช่วง กลางถึงมาก สะท้อนว่า การทดลองใช้ระบบส่งผลกระทบเชิงปริมาณต่อการรับรู้ด้านโครงสร้างพื้นฐาน/ทรัพยากร ที่สนับสนุนการใช้งาน และความตั้งใจที่จะใช้ระบบในอนาคตมากกว่ามิติอื่น โดยผู้ใช้รายงานว่าระบบช่วยลดภาระงานรายงานซ้ำ ๆ ลดเวลาการจัดทำรายงาน และช่วยให้เข้าถึงข้อมูลสำคัญเพื่อการตัดสินใจได้รวดเร็วและเป็นระบบมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคะแนน UTAUT ที่เพิ่มขึ้นในทุกมิติและขนาดผลที่อยู่ในระดับสูงโดยรวม

ข้อจำกัดของการวิจัย

ต้นแบบระบบที่ใช้ในการวิจัยอาศัยโครงสร้างพื้นฐานภายนอก เช่น n8n และบริการ AI ผ่าน API ซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุมขององค์กรผู้ใช้โดยตรง ทำให้เกิดความเสี่ยงเชิงโครงสร้างในระยะยาว ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงนโยบายราคา การจำกัด rate limit หรือการหยุดให้บริการของผู้ให้บริการภายนอก แม้ผู้ใช้จะรับรู้ว่ามี "เครื่องมือพร้อมใช้" ในระยะสั้น แต่ระดับความพร้อมที่รับรู้อาจไม่สะท้อนความมั่นคงของระบบในระยะยาวอย่างแท้จริง แม้ว่างานวิจัยนี้จะช่วยยกระดับ AI literacy ของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้ระบบจริง แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจำกัดอยู่ในกลุ่มพนักงานที่มีโอกาสเข้าร่วมการอบรมและทดลองใช้ (เช่น พนักงานสายวิเคราะห์หรือผู้ใช้ ERP ระดับกลาง–สูง) ขณะที่ในบริบทอุตสาหกรรมไทยโดยรวม บุคลากรจำนวนมากยังมีช่องว่างด้าน AI literacy ทั้งในแง่ความเข้าใจหลักการทำงาน ความสามารถในการวิพากษ์ผลลัพธ์ และความรู้เท่าทันด้านจริยธรรมและความปลอดภัยของข้อมูล แม้ผลการวิจัยจะชี้ให้เห็นบทบาทของ AI literacy ในฐานะ "ตัวแปรแฝง" ที่กำกับความสัมพันธ์ระหว่าง PE, EE, FC, SI และ BI แต่การวิจัยครั้งนี้ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลหรือวัด AI literacy เป็นตัวแปรเชิงปริมาณโดยตรง ข้อสรุปเกี่ยวกับบทบาทของ AI literacy จึงตั้งอยู่บนการตีความจากกระบวนการอบรม การออกแบบ UI/UX และประสบการณ์ใช้งาน มากกว่าหลักฐานเชิงตัวเลขจากตัวชี้วัดเฉพาะด้าน AI literacy

ข้อเสนอแนะ

องค์กรควรจัดอบรมการใช้งานระบบ AI–ERP เพื่อให้พนักงานคุ้นเคยกับขั้นตอนการเรียกใช้และการอ่านผลรายงาน ควรพัฒนาระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อรายงานสร้างเสร็จ และจัดทำแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบเพื่อให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้สะดวกและลึกซึ้งยิ่งขึ้น งานวิจัยในอนาคตควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมหลายองค์กร หลายอุตสาหกรรม และหลายภูมิภาค เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงภายนอกของผลการศึกษา ควรบูรณาการตัวแปรด้านทักษะดิจิทัลและ AI literacy เข้ากับกรอบ UTAUT รวมทั้งเปรียบเทียบระหว่างองค์กรที่ใช้ AI–ERP กับ ERP แบบดั้งเดิม และควรเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้นโดยใช้ข้อมูลการปฏิบัติงานจริงขององค์กรที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้การประเมินประสิทธิภาพและผลลัพธ์ของระบบสะท้อนการใช้งานจริงได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชนินทร์ ตั้งพานทอง อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอย่างต่อเนื่อง รวมถึงผู้เชี่ยวชาญทั้งสามท่าน ได้แก่ คุณวิทู หงสกุล, คุณสมชาย นิติโยธิน และ คุณเจษฎากร เผ่าปฏิมากร ที่สละเวลาให้ความเห็นในการประเมินและปรับปรุงงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณพนักงานบริษัท ซันโย เอส.เอ็ม.ไอ. (ไทยแลนด์) จำกัด ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

เอกสารอ้างอิง

1. Emergys. (2025). *Generative AI for manufacturing demand forecasting*. สืบคนจาก https://www.emergys.com/blog/generative-ai-for-manufacturing-demand-forecasting/
2. Hagos, D. H., Battle, R., & Rawat, D. B. (2024). Recent advances in generative AI and large language models: Current status, challenges, and perspectives. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.14962
3. Izah, S. C., Angaye, T. C. N., & Ohimain, E. I. (2023). Cronbach's alpha: A cornerstone in ensuring reliability and validity in environmental health assessment. *Environmental Science and Engineering Express, 3*(1), 1057. https://www.espublisher.com/uploads/article_pdf/esee1057.pdf
4. Lumen Learning. (2025). *Cohen's standards for small, medium, and large effect sizes*. https://courses.lumenlearning.com/introstatscorequisite/chapter/two-population-means-with-unknown-standard-deviations-2/
5. Microsoft. (2024). *Transforming ERP and the speed of business with generative AI*. สืบคนจาก https://www.microsoft.com/en-us/dynamics-365/blog/business-leader/2024/08/29/transforming-erp-and-the-speed-of-business-with-generative-ai/
6. SAP APAC. (2025). *AI and Thailand 4.0 transformation report*. สืบคนจาก https://news.sap.com/sea/2025/05/new-whitepaper-reveals-how-ai-offers-a-transformative-opportunity-for-manufacturing-to-drive-thailand-4-0/
7. Odoo S.A. (2025). All apps:Odoo business applications. Retrieved March 10, 2025, สืบคนจาก https://www.odoo.com/page/all-apps
8. n8n GmbH. (2025). Workflows – n8n documentation. Retrieved March 10, 2025, สืบคนจาก https://docs.n8n.io/workflows/
9. OpenAI. (2025). Models – OpenAI API documentation. Retrieved March 10, 2025, สืบคนจาก https://platform.openai.com/docs/models
10. Airtop Inc. (2025). Enrich person data automation with n8n. Retrieved March 10, 2025, สืบคนจาก https://developers.airtop.ai/automations/enrich-person-data-n8n
11. The jamovi project (2024). jamovi. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from https://www.jamovi.org.

การพัฒนาระบบให้น้ำอัจฉริยะสำหรับสวนส้มสายน้ำผึ้ง โดยใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อควบคุมและติดตามความชื้นและอุณหภูมิในดิน

Development of an IoT-Based Smart Irrigation System for 'Sai Nam Phueng' Orange Orchards: Monitoring and Control of Soil Moisture and Temperature

อนันต์ วงษ์จันทร์[1] พุทสายัน นราพินิจ[2*] สมหมาย สารมาท[2] และ แคททรียา ปันทะนะ[3]
Anan Wongjan[1], Puttasayan Narapinit[2*], Sommai Saramath[2] และ Kattareeya Pantana[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ ระบบให้น้ำอัตโนมัติสำหรับสวนส้มสายน้ำผึ้งด้วยเทคโนโลยี IoT ผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ ลดต้นทุนแรงงาน และเพิ่มผลผลิตในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ระบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์ไร้สาย (LoRa Node Sensor) สำหรับตรวจวัด ความชื้นในดิน อุณหภูมิในดิน และความชื้นสัมพัทธ์ โดยเชื่อมต่อผ่าน LoRa Gateway ไปยัง Data Server และแสดงผลแบบ Real-time Monitoring ผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมและติดตามสถานะการให้น้ำจากระยะไกลได้

ผลการทดลองตลอด 30 วัน พบว่า ระบบสามารถรักษาระดับความชื้นในดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม 60-70% ได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ว่าความชื้นสัมพัทธ์มีการแกว่งตัวในช่วง 23 – 25.5%RH อย่างไรก็ตามพบว่าจุดตรวจวัดที่ 1 มีอุณหภูมิในดินสูงกว่าจุดอื่นอย่างชัดเจน (สูงถึง 32 – 34 °C เทียบกับ 25 – 29°C) ในจุดอื่นซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของความชื้นในดินชั่วคราวในจุดตรวจวัดนี้

ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 10 คนพบว่าผู้ทดลองส่วนใหญ่ให้คะแนน ความสะดวกในการควบคุมและสั่งการผ่านสมาร์ทโฟนอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.10/5) โดยสรุป ระบบ IoT นี้มีความแม่นยำและเสถียรในการรายงานผลและควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ ทำให้การดูแลสวนส้มเป็นไปอย่างสะดวกและช่วยเพิ่มความสามารถในการปรับตัวของระบบให้น้ำให้เข้ากับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

คำสำคัญ: ไอโอที, สวนส้ม, ความชื้นในดิน, แอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟน

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300
[2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300
[3] วิชาเอกการจัดการธุรกิจสาขาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300
[1] Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50300
[2] Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology, Lanna Chiang Mai 50300
[3] Business management major, Faculty of business administration and liberal art, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50300
*Corresponding author: puttasayan2517@gmail.com

Abstract

This research presents an Automated Irrigation System for 'Sai Nam Phueng Orange Orchards using IoT Technology via a Smartphone Application, aiming to improve water use efficiency, reduce labor costs, and increase productivity in the Fang district, Chiang Mai Province. The system comprises wireless sensors (LoRa Node Sensors) for measuring soil moisture, soil temperature, and relative humidity, connected via a LoRa Gateway to a Data Server, providing Real-time Monitoring through a smartphone application which enables farmers to remotely control and monitor the irrigation status.

During the 30-day experimental period, the system effectively maintained soil moisture within the optimal range of 60–70%, even though the ambient relative humidity fluctuated between 23 and 25.5%RH. However, monitoring point 1 showed a clearly higher soil temperature than the other points (reaching 32–34 °C compared with 25–29 °C at the other locations), which was associated with a temporary decrease in soil moisture at this point.

which correlated with a temporary drop in soil moisture at this location. Usability testing with 10 users indicated that most participants rated the convenience of control and command via smartphone as good to very good (average score of 4.10 out of 5). In conclusion, this IoT system demonstrates accuracy and stability in data reporting and automated irrigation control, making orange orchard management more convenient and enabling the irrigation system to adapt to changing environmental conditions.

Keywords: IoT, orange orchard, soil moisture, smartphone application

บทนำ

สวนส้มสายน้ำผึ้งในเขตอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งปลูกส้มเขียวหวานที่ใหญ่ที่สุดในภาคเหนือ โดยเฉพาะอำเภอฝาง อำเภอแม่อาย และอำเภอไชยปราการ โดยส้มเขียวหวานที่นิยมปลูกมากที่สุด คือ ส้มสายน้ำผึ้ง เนื่องจากมีสภาพพื้นที่ที่มีภูมิอากาศเย็นเหมาะสมสำหรับการปลูกส้มสายน้ำผึ้ง ประกอบกับส้มชนิดนี้มีรสชาติหอมหวานถูกปากผู้บริโภคมากกว่าส้มเขียวหวานชนิดอื่น ทำให้เกษตรกรหันมาเพาะปลูกส้มสายนำผึ้งกันมากในอดีต โดยในปี พ.ศ. 2543 มีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 26,410 ไร่ เพิ่มขึ้นเป็น 84,559 ไร่ ในปี 2548 และพื้นที่ปลูกคงที่จนกระทั้งปี พ.ศ. 2553 ก่อนจะลดลงเหลือเพียง 30,841 ไร่ ใน พ.ศ. 2554 โดยอำเภอฝางมีพื้นที่ปลูกส้มสายน้ำผึ้งมากที่สุด เกษตรกรผู้ปลูกส้มในพื้นที่ลุ่มน้ำฝางกว่าร้อยละ 52 แก้ไขปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ (15-15-15 หรือ 16-16-16) ในอัตรา 2-3 กิโลกรัม/ต้น/ปี (ภาวินี จันทร์วิจิตร, 2552) การใช้ปุ๋ยเคมีในสวนส้มพื้นที่ปลูกส้มลุ่มน้ำฝางร้อยละ 70 มีสภาพเป็นกรดจัด และมากกว่าร้อยละ 80 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับสูงถึงสูงมากในการจัดการระบบให้น้ำสวนส้มของเกษตรกรรายเล็กส่วนใหญ่ ร้อยละ 82.35 ให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์แบบ หัวพ่นให้น้ำใต้โคนต้น โดยใช้น้ำโดยตรงจากแหล่งน้ำธรรมชาติหรือต่อท่อแบบกาลักน้ำมาเก็บไว้ในบ่อพัก น้ำของตนเองและใช้ปั๊มน้ำเป็นตัวดันจ่ายน้ำผ่านระบบ สปริงเกอร์ให้กับต้นส้ม ส่วนที่เหลือร้อยละ 17.65 ให้น้ำด้วยการรดด้วยสายยางแบบใช้แรงคนรดทีละต้น เกษตรกรรายใหญ่มีระบบการให้น้ำ 2 แบบ คือ การให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ใต้โคนต้น (ร้อยละ 73.33) และระบบการให้น้ำแบบฉีดพ่นน้ำทาง อากาศ (ร้อยละ 26.67) ซึ่งเป็นผู้ประกอบการรายใหญ่ ที่มีสวนส้มมากกว่า 150 ไร่ ขึ้นไป การให้น้ำแบบฉีดพ่นทางอากาศจะให้ความชื้นได้ทั้งระดับโคนต้นและทางอากาศ ซึ่งปัจจุบันภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงเนื่องจาก ภาวะโลกร้อน ส่งผลต่อ

การแทงยอดและกระตุ้นการออกดอกของส้มสายน้ำผึ้งที่ต้องการอุณหภูมิเย็น และบรรยากาศที่เหมาะสมในการออกดอกและให้ผลผลิต ผลผลิตส้มสายน้ำผึ้งลดลงทุกปีจากอดีตที่เคยได้ 200 กิโลกรัม/ต้น เหลือเพียง 50–100 กิโลกรัม/ต้น การให้น้ำแบบสปริงเกอร์ที่โคนต้นอาจทำให้เกิดโรคเน่าโคนต้นในกรณีที่ให้น้ำมากเกินไป เกษตรกรมีอัตราเฉลี่ยการให้น้ำฤดูแล้งเดือนกุมภาพันธ์–พฤษภาคม 3–4 วันต่อครั้ง และฤดูฝนกรกฎาคม–กันยายน ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนของแต่ละปี หากฝนตกน้อยก็จะให้ 10–15 วันครั้ง ส่วนฤดูหนาวให้น้ำ 5–7 วันครั้ง (จักรพงษ์ และคณะ,2556) ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเกษตรกรรม ระบบให้น้ำอัตโนมัติสำหรับสวนส้มที่ใช้เทคโนโลยี IoT สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ ลดต้นทุนแรงงาน และเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมและติดตามสถานะของระบบให้น้ำแบบเรียลไทม์ การจัดการการให้น้ำในสวนส้มสายน้ำผึ้งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของผลส้มในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกส้มที่สำคัญของภาคเหนือ การใช้น้ำในสวนส้มต้องได้รับการควบคุมและจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับการเจริญเติบโตของต้นส้มในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยมีการใช้ระบบการให้น้ำที่หลากหลาย ทั้งระบบสปริงเกอร์และระบบการให้น้ำแบบฉีดพ่นทางอากาศ ซึ่งสามารถช่วยรักษาระดับความชื้นในสวนได้อย่างเหมาะสม (Chanvichit, 2009)การบริหารจัดการน้ำในสวนส้มไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับระบบการให้น้ำเท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงการใช้ปุ๋ยและสารเคมีต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นส้มและการควบคุมโรคแมลง (Geer, 2007) โดยเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำฝางมักประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานในช่วงฤดูเก็บเกี่ยว ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการจัดการสวนส้มให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรในพื้นที่นี้มักใช้ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ (15–15–15) และมีการใช้สารเคมีป้องกันโรคและแมลงในปริมาณที่สูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Srikant, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรรายย่อยมักมีความรู้ในการใช้ระบบการให้น้ำที่จำกัด และยังคงใช้วิธีการให้น้ำแบบเดิม ซึ่งไม่สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้ดีเท่าที่ควร (Thampai, 2017) การปรับปรุงระบบการจัดการน้ำและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่เกษตรกรในลุ่มน้ำฝางควรได้รับการพัฒนาและเสริมสร้างความรู้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ (Singh et al., 2018)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาเครื่องมือทางการบริหารจัดการมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโครงการโดยนำระบบให้น้ำสวยส้มแบบอัตโนมัติผ่านเทคโนโลยี IoT ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน อุณหภูมิ และสภาพอากาศ เชื่อมต่อกับตัวควบคุมที่สามารถเปิด–ปิดวาล์วน้ำอัตโนมัติ ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกส่งไปยังคลาวด์เพื่อนำมาประมวลผลและแสดงผลผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

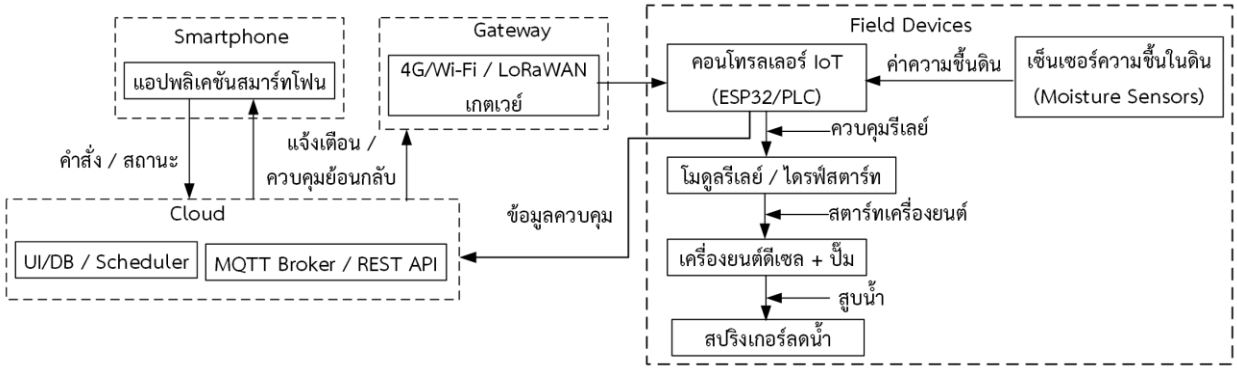
1. เพื่อพัฒนาระบบให้น้ำด้วยระบบอัตโนมัติผ่านสมาร์ทโฟนสำหรับเกษตรสวนส้ม

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การเตรียมข้อมูลและอุปกรณ์

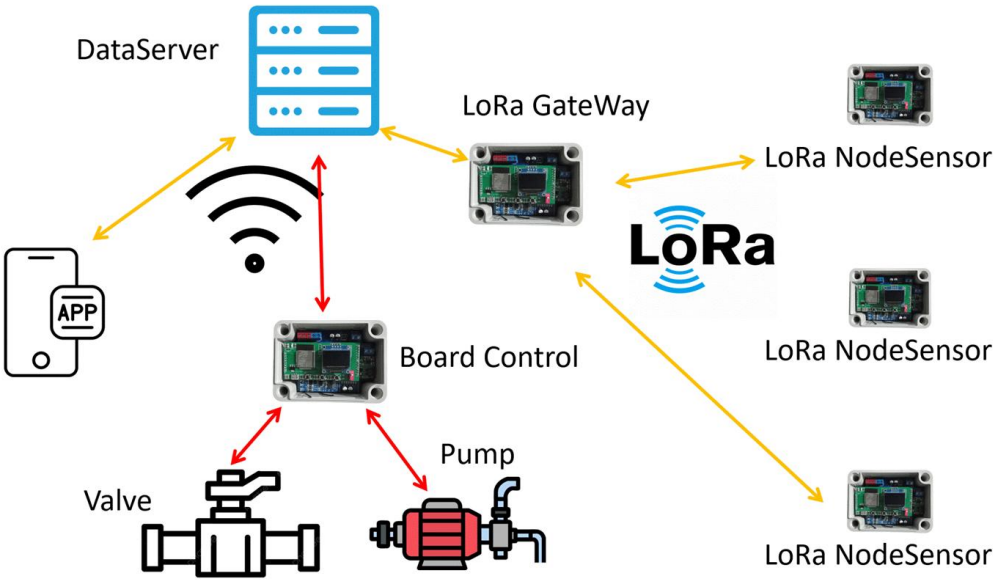
ระบบการจัดการให้น้ำสวนส้มแบบอัตโนมัติโดยใช้ไอโอทีด้วยแอพพลิเคชั่นสั่งการผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการเกษตรพื้นที่วิจัยสวนส้มสายน้ำผึ้งในเขตอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยระบบสั่งการใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลต่อเข้ากับปั๊มน้ำใช้ท่อส่งน้ำขนาด 4 นิ้ว ติดตั้งวาวล์ควบคุมอัตโนมัติ และใช้ท่อขนาด 3/8 นิ้ว สำหรับให้น้ำในระบบด้วยสปริงเอร์ใต้โคนต้น ส้ม ระบบส่งสัญญาณแบบไร้สายผ่านสมาร์ทโฟนควบคุมให้อุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดิน

และสั่งการให้เปิด – ปิดแบบอัตโนมัติ โดยสามารถแสดงผลการสั่งผ่านแอพพลิเคชั่น แผนภาพการทำงานแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงระบบ

ระบบ IoT ที่ใช้เทคโนโลยี LoRa ในการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ไปยัง Data Server โดย LoRa Node Sensor หลายตัวจะเก็บข้อมูลจากสิ่งแวดล้อม แล้วส่งข้อมูลผ่านสัญญาณ LoRa ไปยัง LoRa Gateway ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้งหมดจากนั้น LoRa Gateway จะส่งข้อมูลต่อไปยัง Data Server ผ่านเครือข่าย Wi-Fi เพื่อเก็บและประมวลผลข้อมูล ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลและควบคุมระบบผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยเชื่อมต่อกับ Data Server ผ่านอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถมอนิเตอร์และจัดการระบบได้จากระยะไกลระบบนี้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์หลายจุด และใช้ LoRa ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายที่ประหยัดพลังงานมีระยะสัญญาณไกลดังรูปที่ 2

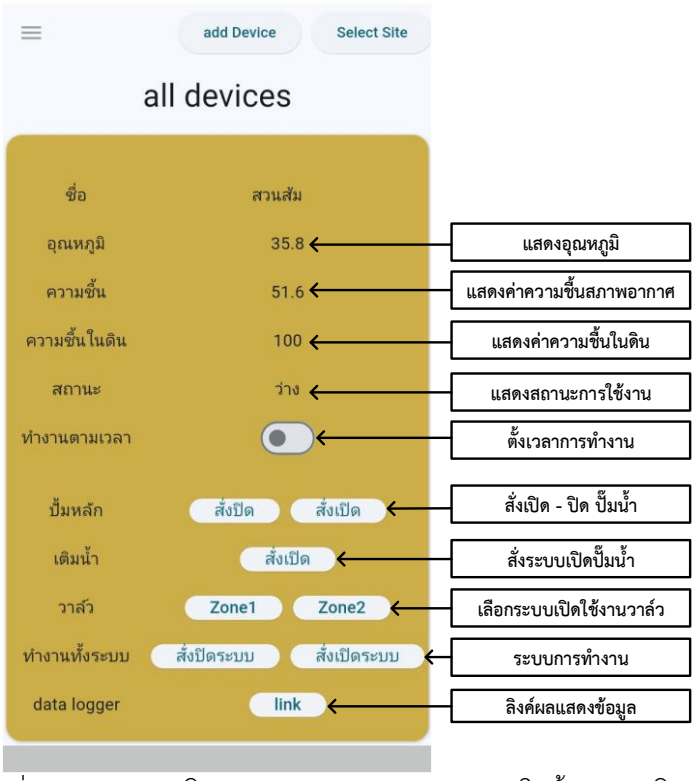


รูปที่ 2 แสดงระบบ LoRa ในการเชื่อมต่อ

การควบคุมอุปกรณ์ระบบควบคุมวาล์วเปิด-ปิดระบบน้ำในสวนส้มผ่านสมาร์ทโฟนและการวัดความชื้นในดิน ระบบประกอบด้วยวาล์วไฟฟ้าที่สามารถเปิด-ปิดการไหลของน้ำได้โดยอัตโนมัติ เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินที่คอยตรวจสอบระดับความชื้น และแผงควบคุมอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนเพื่อให้ผู้ใช้สามารถสั่งการ และดูข้อมูลได้จากระยะไกลวาล์วไฟฟ้าถูกติดตั้งในตำแหน่งที่เชื่อมต่อกับท่อส่งน้ำหลักเพื่อควบคุมการไหลของน้ำไปยังต้นส้ม โดยวาล์วนี้สามารถรับคำสั่งจากสมาร์ทโฟนผ่านการเชื่อมต่อ Wi-Fi หรือ Bluetooth ทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งเปิดหรือปิดน้ำได้

จากทุกที่ที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ในขณะเดียวกัน เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินจะถูกติดตั้งบริเวณโคนต้นส้มเพื่อตรวจสอบระดับความชื้นในดินและส่งข้อมูลไปยังแผงควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ (สิทธิโชค พรรค์พิทักษ์ และคณะ, 2564) โดยหากระดับความชื้นต่ำกว่าที่กำหนด แผงควบคุมจะสั่งให้วาล์วเปิดเพื่อให้น้ำแก่ต้นส้ม และเมื่อความชื้นถึงระดับที่เหมาะสม วาล์วจะปิดโดยอัตโนมัติ และยังสามารถปรับการให้น้ำตามอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ เพื่อให้ต้นส้มได้รับน้ำในปริมาณที่เหมาะสมที่สุดการใช้ระบบควบคุมวาล์วและวัดความชื้นในดิน

หน้าจอ UI (User Interface)ในโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติที่แสดงในภาพประกอบด้วย 1) ข้อมูลและฟังก์ชันดังนี้ข้อมูลการวัดค่าต่าง ๆ 2) แสดงอุณหภูมิของพื้นที่ที่ระบบตรวจวัด 3) แสดงค่าความชื้นของดินในพื้นที่ และแสดงค่าความชื้นในอากาศ โดยระบุสถานการณ์ใช้งานปัจจุบันของอุปกรณ์หรือระบบ ผ่านการควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน ซึ่งสอดคล้องกับ (กนิษฐา อินธิชิต และคณะ, 2564) โดยมีฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของระบบให้ทำงานตามเวลา (เปิด/ปิด) ควบคุมการทำงานของระบบน้ำในโซนที่ต่างกัน การทำงานร่วมกับระบบอื่น มีปุ่ม "ส่งข้อมูลระบบ" สำหรับการส่งข้อมูลการทำงานไปยังระบบอื่น หรือการเชื่อมต่อกับระบบเพิ่มเติมการแสดงสถานะอื่น ๆ data logger แสดงสถานะการบันทึกข้อมูล (link) สำหรับเก็บข้อมูลการทำงานของระบบ โดยรวมหน้าจอนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ ความชื้น และสถานะของระบบ รวมถึงสามารถควบคุมระบบให้น้ำในสวนส้มหรือพื้นที่ที่ใช้ระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติได้ผ่านการสั่งงานจากแอพพลิเคชัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 หน้า UI ของโปรแกรมความคุมอุปกรณ์ระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติ

2. วิธีการทดลอง

การทดลองการใช้งานระบบให้น้ำอัตโนมัติสำหรับสวนส้มด้วยเทคโนโลยี IoT ผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนการตรวจสอบแบบเรียลไทม์ช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจอย่างมีข้อมูลลดการเสียน้ำและต้นทุนการดำเนินงาน โดยทำการติดตั้งระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สาย การทดลองการทำงานเพื่อทดสอบและเก็บข้อมูล

ทำทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง ทำการเก็บข้อมูลตลอด 30 วันในช่วงเดือนกันยายน 2568 และเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 7.00–9.00 น. โดยพื้นที่การตรวจวัดข้อมูล จำนวน 4 ไร่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดจำนวน 3 จุด 1) ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอก (˚C) 2)ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) และ 3) ค่าความชื้นในดิน (%) เพื่อทดสอบการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และส่งข้อมูลมาเก็บไว้ยังชุดเก็บข้อมูล จากนั้นนำมาหาค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละครั้งดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์

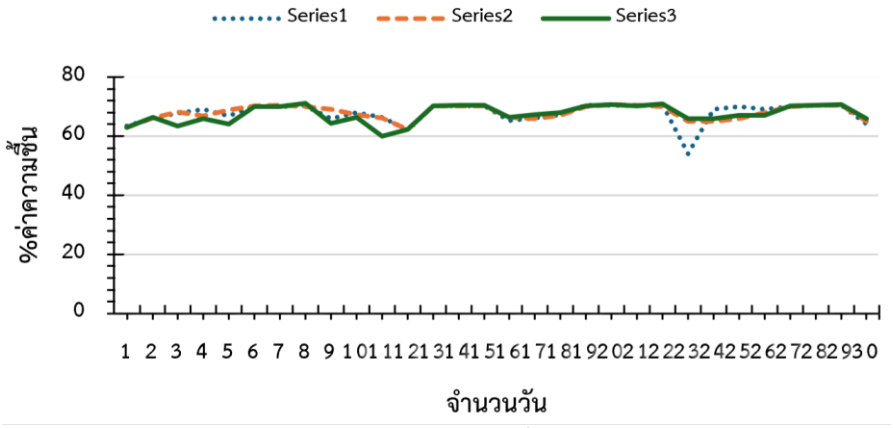
ผลการวิจัยและอภิปราย

1. ผลการใช้งานระบบให้น้ำอัตโนมัติ

ผลการทดลองใช้ระบบให้น้ำอัตโนมัติสำหรับสวนส้มด้วยเทคโนโลยี IoT ผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับสวนส้มสายน้ำผึ้ง พบว่าระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถกำหนดฟังก์ชันการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันควบคุมผ่านหน้าจอของอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่าง ๆ โดยมีระบบโดยผลการทดสอบสามารถรายงานผล ค่าความชื้นในดินตั้งแต่ 0 – 100% ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 0 – 100%RH และค่าอุณหภูมิรอบ ๆ ตั้งแต่ 0–100 ˚C และกราฟแสดงผลแบบ Real time monitoring สามารถบันทึกข้อมูลได้ทุกนาที และส่งข้อมูลรายงานผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย และค่าที่ได้จากการทดสอบ ดังนี้ 1) ค่าความชื้นในดินจะอยู่ช่วงระหว่าง ≤55% และ ≥58% ดังรูปที่ 5 2) ค่าอุณหภูมิในดินจะอยู่ช่วงระหว่าง 25 – 40 ˚C ดังรูปที่ 6 3) ค่าความชื้นสัมพัทธ์กับช่วงระหว่าง 44%RH – 78%RH ดังรูปที่ 7

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตรวจวัดค่าความชื้นในดิน

ผลการวิเคราะห์	จุดที่ 1(%)	จุดที่ 2(%)	จุดที่ 3(%)	ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
Average	67.80	67.99	67.49	203.28	67.76
SD	3.55	2.46	3.05	9.07	3.02

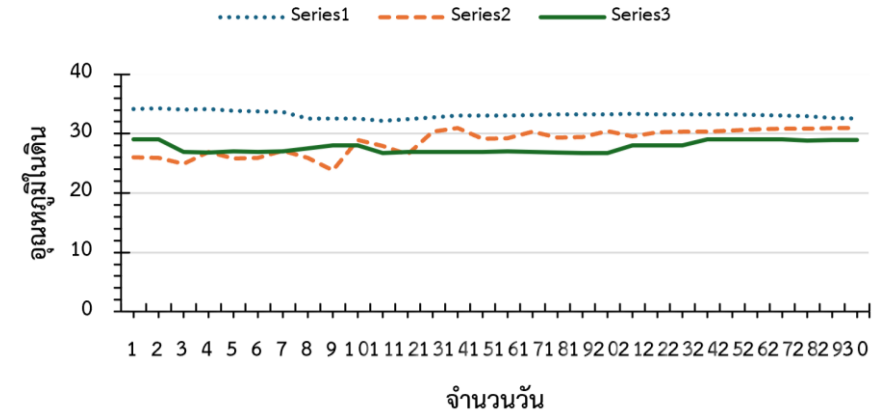


รูปที่ 5 กราฟค่าความชื้นในดิน

จากรูปที่ 5 กราฟที่ค่าความชื้นในดิน (Soil Moisture)กราฟค่าความชื้นในดินแสดงถึงการควบคุมความชื้นในดินที่ ค่อนข้างคงที่และมีประสิทธิภาพ ในชุดการทดลองส่วนใหญ่ โดยมีค่าเฉลี่ยความชื้นอยู่ในช่วงประมาณ 60% – 70% ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นส้มสายน้ำผึ้ง

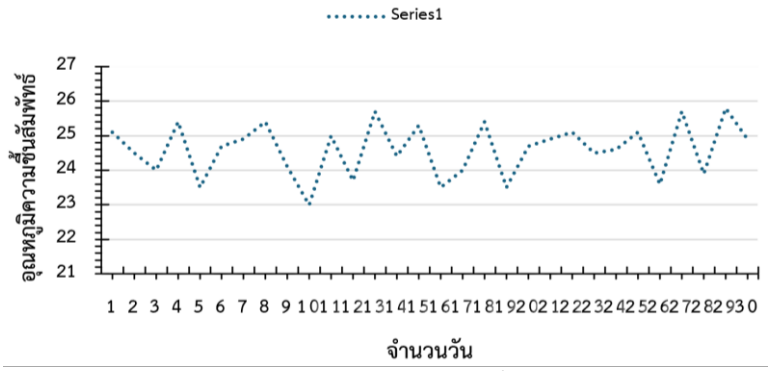
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตรวจวัดค่าอุณหภูมิในดิน

ผลการวิเคราะห์	จุดที่ 1(°C)	จุดที่ 2(°C)	จุดที่ 3(°C)	ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
Average	32.15	27.79	26.91	86.84	28.95
SD	0.58	2.18	0.93	3.69	1.23



รูปที่ 6 กราฟค่าอุณหภูมิในดิน

จากรูปที่ 6 กราฟค่าอุณหภูมิในดิน ความแตกต่างของอุณหภูมิในดินระหว่าง จุดตรวจวัดที่ 1 กับ จุดตรวจวัดที่ 2/3 อาจเป็นผลมาจากปัจจัยแวดล้อมในแปลงทดลอง เช่น ความแตกต่างของวัสดุคลุมดิน (Mulching), ระดับเงา (Shade), หรือ ความหนาแน่นของใบพืช (Canopy Density) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการควบคุมอุณหภูมิในเขตรากพืช (Root Zone)



รูปที่ 7 กราฟค่าอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์

จากรูปที่ 7 ค่าอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงประมาณ 23%RH – 25.5%RH ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในแต่ละวัน/สัปดาห์ เช่น ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิช่วงกลางวันและกลางคืน หรือการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในบรรยากาศ

ผลการตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์ในระบบการจัดการน้ำในสวนส้มสายน้ำผึ้งตลอด 30 วันแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมสามารถรักษาระดับความชื้นในดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (60–70%) โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมช่วยให้รากดูดน้ำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้จะมีการแกว่งตัวของค่าอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก (23 – 25.5%RH) ซึ่งยืนยันความสามารถของระบบในการตอบสนองต่อความต้องการน้ำของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดตรวจวัดที่ 2 และ จุดตรวจวัดที่ 3 มีความชื้นในดินและอุณหภูมิในดิน (25 –29 °C) ที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามจุดตรวจวัดที่ 1 แสดงความแตกต่างที่สำคัญ โดยมีอุณหภูมิในดินที่สูงกว่าอย่างชัดเจน (32 – 34 °C) และมีการลดลงของความชื้นในดินชั่วคราวในช่วงวันที่ 22–32 ซึ่งบ่งชี้ว่าอุณหภูมิในดินเป็นตัวแปรสำคัญที่อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดูดซับน้ำและการจัดการความชื้นในเขตรากของพืช ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และปัจจัยที่ทำให้เกิดอุณหภูมิที่สูงขึ้นใน จุดตรวจวัดที่ 1 เพื่อปรับปรุงระบบควบคุมให้มีความเสถียรยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3 การประเมินการทำงานควบคุมด้วยไอโอทีผ่านสมาร์ทโฟนและอัตโนมัติ

ผู้ประเมิน	ความสะดวกในการใช้งาน	ความสเถียรของระบบ	ความแม่นยำของระบบ	ความพึงพอใจโดยรวม
1	4	3.5	3	4
2	4.5	3.5	3	5
3	4	3	3	4
4	4	4	3	4
5	4.5	4	3	5
6	3	3.5	3	3
7	4	3.5	3	4
8	4	3.5	3	4
9	3	3	3	3
10	5	3.5	3	5
SUM	40	35	30	41
Average	4.00	3.50	3.00	4.10
SD	0.62	0.37	0.00	0.74
%	80	70	60	82

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบควบคุมผ่านไอโอทีบนสมาร์ทโฟนและระบบอัตโนมัติกับผู้ใช้งาน 10 คน พบว่าความสะดวกในการใช้งานผู้ทดลองส่วนใหญ่ 80% ให้คะแนนความสะดวกในการควบคุมผ่านสมาร์ทโฟนว่าอยู่ในระดับดีถึงดีมาก เนื่องจากสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้จากทุกที่และทุกเวลาความแม่นยำของระบบ 70% ของผู้ทดลองเห็นว่าระบบสามารถตอบสนองคำสั่งได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ความเสถียรของระบบผู้ใช้งาน 60% พบว่าระบบทำงานได้อย่างเสถียรไม่มีการหยุดชะงักหรือขัดข้องบ่อยครั้ง ความพึงพอใจโดยรวมคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ที่ระดับ 4.10 จาก 5 ซึ่งแสดงถึงความพึงพอใจในภาพรวมที่ดีต่อระบบนี้ ข้อจำกัดที่พบมีผู้ใช้งานบางส่วนรายงานปัญหาเรื่องการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่ไม่เสถียรส่งผลให้การควบคุมล่าช้าหรือหลุดบ้างในบางครั้ง

บทสรุป

จากการศึกษาการจัดการให้น้ำสวนส้มด้วยระบบอัตโนมัติสำหรับสวนส้มที่ใช้เทคโนโลยี IoT ผ่านแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟนสามารถให้ผู้ใช้งานควบคุมการทำงานได้จากระยะไกลผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ โดยระบบนี้จะทำการรายงานข้อมูลความชื้นในดิน, ความชื้นสัมพัทธ์, และอุณหภูมิในสวนแบบเรียลไทม์ การทำงานของระบบสามารถบันทึกข้อมูลได้ทุกนาทีและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานะและควบคุมการให้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในสวนมีค่าระหว่าง 25 – 40 °C, ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 44 –78%RH, และความชื้นในดินอยู่ในช่วง ≤55%RH และ ≥58%RH. ระบบนี้ทำให้การดูแลสวนส้มเป็นไปอย่างสะดวกและแม่นยำ ตัวรับส่งสัญญาณไร้สายช่วยให้สามารถตรวจสอบและควบคุมกระบวนการให้น้ำแบบเรียลไทม์ ผู้ใช้สามารถปรับการตั้งค่าตามสภาพปัจจุบัน เช่น ระดับความชื้นในดิน ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการปรับตัวของระบบให้น้ำให้เข้ากับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund; FF) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา งบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2567

ผู้วิจัยขอขอบคุณนายวรวุฒิ ใจแก้ว นายเทิดศักดิ์ วงศ์แปง และนายโกวิทย์ บุญทาทิพย์ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการติดตั้ง และทดสอบระบบงานภาคสนามอย่างเต็มความสามารถ

เอกสารอ้างอิง

ภาวินี จันทร์วิจิตร. (2552). “การใช้ความสมดุลธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงผลผลิตและคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้ง: 3. ผลของพัฒนาการของผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ”. วารสารเกษตร, 25 (2) ,109–114

จักรพงษ์ พวงงามชื่น พนิตพิมพ์ สิทธิศักดิ์ และ นคเรศ รังควัต. (2556) การจัดการการให้น้ำสวนส้มสายน้ำผึ้งของเกษตรกรในลุ่มน้ำฝาง จังหวัดเชียงใหม่. แก่นเกษตร, 41(ฉบับพิเศษ 1), 667–672.

Chanvichit, P. (2009). Use of Nutrient Balance for Improving Fruit Yield and Quality of Tangerine cv. Sainampueng. Ph.D Thesis. Chiang Mai University.

Geer, P. (2007). Management of irrigation systems for sustainable agricultural development. Agricultural Water Management, 84(1–2), 107–115.

Srikant, S. (2005). Impact of chemical fertilizers and pesticides on soil health and productivity in the orange orchards of northern Thailand. Soil and Crop Management Journal, 11(3), 112–118.

Thampai, A. (2017). Challenges and strategies in the management of water resources in citrus orchards in Chiang Mai Province. Thai Agricultural Science Review, 43(4), 245–257.

Singh, S., et al. (2018). Water management strategies for sustainable fruit production in challenging climates. Agricultural Sciences, 15(1), 12–18.

การศึกษาประชากรแบคทีเรียตามธรรมชาติในข้าวโพดสับและข้าวโพดหมักที่เก็บเกี่ยวในช่วงฝนด้วยเมแทแท็กโซโนมิกส์

Characterization of indigenous bacterial communities in rain-season chopped corn and corn silage using metataxonomics

ชนิกานต์ สุรณีย์[1] และ ทิพปภา พิสิษฐ์กุล[1,2*]

Chanikarn Suranee[1] and Tippapha Pisithkul[1,2*]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความหลากหลายและการเปลี่ยนแปลงของชุมชนแบคทีเรียในข้าวโพดสับสองสายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 และข้าวโพด GM858 ซุปเปอร์ ที่เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการหมัก การวิเคราะห์เมแทแท็กโซโนมิกส์ผ่านการหาลำดับยีน 16S rRNA ด้วยแพลตฟอร์มนาโนพอร์ แสดงให้เห็นว่าค่าดัชนี Chao1 และ Shannon ลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังหมัก สะท้อนบทบาทของแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) ในการทำหน้าที่เป็นตัวกรองเชิงนิเวศที่คัดเลือกจุลินทรีย์ทนกรดและไม่ใช้ออกซิเจน การวิเคราะห์ Bray–Curtis และ PCoA พบการแยกกลุ่มชัดเจนระหว่างก่อนและหลังหมัก องค์ประกอบอนุกรมวิธานพบว่า ก่อนหมักมีองค์ประกอบของ Proteobacteria ในปริมาณสูง โดยเฉพาะ Enterobacteriaceae และ Pseudomonadaceae ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมในสภาพอากาศชื้น ขณะที่หลังหมักมี Bacillota โดยเฉพาะคลาส Bacilli เป็นประชากรหลัก ในระดับสกุลพบ LAB ได้แก่ *Lactiplantibacillus*, *Levilactobacillus*, *Companilactobacillus* และ *Limosilactobacillus* เป็นกลุ่มเด่น การวิเคราะห์ LEfSe และ Random Forest ให้ผลสอดคล้องกัน โดยระบุสกุลจากสิ่งแวดล้อมเป็นตัวบ่งชี้ก่อนหมัก และ LAB เป็นตัวบ่งชี้สำคัญหลังหมัก ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แม้ข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนจะมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นสูง แต่การหมักที่เหมาะสมสามารถกำจัดจุลินทรีย์ไม่พึงประสงค์และทำให้ LAB เพิ่มปริมาณ ส่งผลให้เกิดไซเลจที่มีเสถียรภาพ ปลอดภัย และมีคุณภาพดี

คำสำคัญ: ข้าวโพด, ประชากรแบคทีเรีย, เมแทแท็กโซโนมิกส์, ความหลากหลายทางชีวภาพ, ไซเลจ

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] หน่วยความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีชีวภาพพืชสมัยใหม่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290

[2] Unit of Excellence in Modern Plant Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author: tpisithkul@gmail.com

Abstract

This study sought to analyze the diversity and shifts in bacterial communities in chopped corn from two varieties–Hybrid 59 sweet corn and GM858 Super feed corn—harvested during the monsoon season, by comparing the pre–ensiled and post–ensiled stages. Metataxonomic analysis using 16S rRNA sequencing on the Nanopore platform revealed that both Chao1 and Shannon indices significantly decreased after ensiling, reflecting the role of lactic acid bacteria (LAB) as ecological filters that select for acid–tolerant and anaerobic microorganisms. Bray–Curtis dissimilarity and PCoA analyses showed a clear separation between pre– and post–ensiled groups. Taxonomic composition revealed that pre–ensiled samples contained a high proportion of Proteobacteria, particularly Enterobacteriaceae and Pseudomonadaceae, which are associated with environmental contamination under humid conditions, whereas post–ensiled samples were dominated by Bacillota, especially the class Bacilli. At the genus level, LAB such as Lactiplantibacillus, Levilactobacillus, Companilactobacillus, and Limosilactobacillus were the dominant groups. LEfSe and Random Forest analyses were consistent, identifying environmental genera as biomarkers for pre–ensiled samples and LAB genera as key biomarkers for post–ensiled samples. These findings indicate that although corn harvested during the rainy season carries a high initial microbial load, proper ensiling effectively eliminates undesirable microorganisms and promotes LAB proliferation, resulting in stable, safe, and high–quality silage.

Keywords: Corn, Bacterial communities, Metataxonomics, Microbial diversity, Silage

บทนำ

ข้าวโพด (*Zea mays L.*) เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและเกษตรกรรมของประเทศไทย เนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและพลังงานย่อยได้สูง เหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง สุกร และสัตว์ปีก อีกทั้งยังสามารถปลูกได้ในหลายภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมต่อการเพาะปลูก (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, 2563) ข้าวโพดหมัก (ไซเลจ; corn silage) คือ ข้าวโพดทั้งต้นหมักโดยอาศัยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic fermentation) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและคงคุณค่าทางโภชนาการให้ใกล้เคียงกับพืชสด การผลิตข้าวโพดหมักที่มีคุณภาพจึงมีความสำคัญต่อความมั่นคงด้านอาหารสัตว์ การลดต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมในระบบฟาร์มโคนมของประเทศ อย่างไรก็ตาม คุณภาพของข้าวโพดหมักมีความแปรผันสูง โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว สภาพอากาศ และความชื้นของวัตถุดิบ (Kung Jr et al., 2018) การเก็บเกี่ยวข้าวโพดในระยะน้ำนมประมาณครึ่งหนึ่ง (Milk line 50%) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC) สูงและเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์หลักที่สร้างกรดแลกติกและลดค่า pH (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, 2563) แต่ในสภาวะที่มีความชื้นสูง เช่น ฤดูฝน อาจเกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จากสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้กระบวนการหมักเกิดได้ช้าและคุณภาพลดลง ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าวยังมีผลต่อประชากรจุลินทรีย์เริ่มต้นในข้าวโพดสับ ซึ่งเป็นตัวกำหนดทิศทางของกระบวนการหมักต่อไป

ประชากรแบคทีเรียในข้าวโพดสับตามธรรมชาติมีแหล่งกำเนิดจากผิวพืช ดิน อากาศ และอุปกรณ์เก็บเกี่ยว โดยพบว่ากลุ่มแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Weissella*, *Bacillus* และ *Enterobacter* (Xu et al., 2024) กลุ่มแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) เป็นกลุ่มที่ช่วยเริ่มต้นการหมักและยับยั้ง

เชื้อก่อโรค ขณะที่กลุ่ม Proteobacteria เช่น Enterobacteriaceae มักพบในสภาวะความชื้นสูงและอาจมีผลลบต่อคุณภาพไซเลจ (Liu et al., 2024) ความเข้าใจเกี่ยวกับความหลากหลายและพลวัตของจุลินทรีย์เหล่านี้ จึงมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพและเสถียรภาพของกระบวนการหมัก ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การศึกษาด้วยเทคนิคเมแทแท็กโซโนมิกส์ (metataxonomics) และการหาลำดับยีน 16S rRNA สามารถศึกษาโครงสร้างของชุมชนจุลินทรีย์ในข้าวโพดหมักได้อย่างละเอียด พบว่าพืชสดก่อนการหมักแบคทีเรียเด่นในไฟลัม Proteobacteria เช่น Enterobacteriaceae และ Pseudomonadaceae ขณะที่หลังการหมักนั้น แบคทีเรียเด่นจะเปลี่ยนเป็นไฟลัม Firmicutes โดยเฉพาะกลุ่ม *Lactobacillus* และ *Pediococcus* เป็นจุลินทรีย์หลักของกระบวนการผลิตกรดแลกติกและการลดค่า pH (Ding et al., 2020; Liu et al., 2024)

นอกจากนี้ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และการปนเปื้อนของดิน ยังมีอิทธิพลต่อโครงสร้างของชุมชนจุลินทรีย์ โดยเฉพาะในฤดูฝนที่มีฝนตกชุกและความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งอาจเพิ่มการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากสิ่งแวดล้อมในข้าวโพดสด (Lin et al., 1992) ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาจำนวนมากในต่างประเทศเกี่ยวกับพลวัตของชุมชนจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักไซเลจ แต่ข้อมูลในบริบทของประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การเก็บเกี่ยวข้าวโพดในช่วงฤดูฝนค่อนข้างมีข้อมูลจำกัด ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความหลากหลายของประชากรจุลินทรีย์ในข้าวโพดสับ ก่อนและหลังหมักในช่วงฤดูฝนยังไม่เพียงพอที่จะใช้พัฒนาแนวทางการผลิตข้าวโพดหมักที่เหมาะสมในสภาพอากาศร้อนชื้นได้อย่างยั่งยืน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชุมชนแบคทีเรียในข้าวโพด 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 และข้าวโพด GM858 ซุปเปอร์ ซึ่งเกษตรกรนิยมปลูกในเขต อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน เพื่อจำหน่ายให้กับฟาร์มโคและฟาร์มสัตว์ในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ และจังหวัดใกล้เคียง โดยใช้เทคนิคทางเมแทแท็กโซโนมิกส์ ในการระบุประชากรแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับคุณภาพของไซเลจ และเสนอแนวทางเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับการปรับปรุงคุณภาพข้าวโพดหมักในพื้นที่เขตร้อนต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาความหลากหลายและการเปลี่ยนแปลงของชุมชนแบคทีเรียในข้าวโพดข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 และข้าวโพด GM858 ซุปเปอร์ ก่อนและหลังการหมัก ภายใต้สภาพการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝนของประเทศไทย โดยใช้เทคนิคทางเมแทแท็กโซโนมิกส์ เพื่อระบุประชากรแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับคุณภาพของไซเลจ

สมมติฐานการวิจัย (Research Hypotheses)

การศึกษานี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า องค์ประกอบของชุมชนแบคทีเรียในข้าวโพดต่างสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากพันธุ์และองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดมีอิทธิพลต่อการเจริญของชุมชนจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนผิวพืชโดยธรรมชาติ (epiphytic microflora) นอกจากนี้ กระบวนการหมักภายใต้การเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝนจะทำให้โครงสร้างของชุมชนแบคทีเรียเปลี่ยนแปลงจากกลุ่ม Proteobacteria ไปเป็นกลุ่ม Firmicutes โดยเฉพาะแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการผลิตกรดแลกติกและการลดค่า pH อีกทั้งคาดว่าสภาวะการเก็บเกี่ยวในฤดูฝนที่มีความชื้นสูงจะมีความหลากหลายและการปนเปื้อนของแบคทีเรียจากสิ่งแวดล้อม เช่น Enterobacteriaceae และ Pseudomonadaceae สุดท้าย การประยุกต์ใช้เทคนิคเมแทแท็กโซโนมิกส์จะสามารถระบุจุลินทรีย์ตัวบ่งชี้ที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของไซเลจภายใต้สภาพภูมิอากาศเขตร้อนได้

วิธีวิทยาการวิจัย

การออกแบบการทดลอง

เก็บตัวอย่างข้าวโพด 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 และข้าวโพด GM858 ซุปเปอร์ ซึ่งเก็บเกี่ยวจากแปลงเกษตรกรในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงฤดูฝน (วันที่ 26 สิงหาคม – 1 กันยายน 2568) เพื่อนำมาทดสอบการหมักแบบถุง/กระสอบ การออกแบบการทดลองประกอบด้วย 4 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ (1) C0 คือ ข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 สด (ก่อนหมัก) (2) SC0 คือ ข้าวโพด GM858 ซุปเปอร์ สด (ก่อนหมัก) (3) C23 คือ ข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 หมักเป็นเวลา 23 วัน และ (4) SC17 คือ ข้าวโพด GM858 ซุปเปอร์ หมักเป็นเวลา 17 วัน แต่ละการเตรียมข้าวโพดหมักทำเป็นชุดอย่างน้อย ชุดละ 3 ซ้ำอิสระ (replicates; n = 3) เพื่อการวิเคราะห์เชิงสถิติ

การผลิตข้าวโพดหมักและการสุ่มตัวอย่าง

เก็บเกี่ยวต้นข้าวโพดและตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 1–2 ซม. โดยใช้เครื่องตัดพืชอาหารสัตว์แบบดับเบิ้ลช็อป (Double chop) จากนั้นบรรจุตัวอย่างที่สับแล้วลงในถุงหมัก ประมาณ 25 กก. อัดให้แน่น และมัดปากถุง เก็บไว้ที่อุณหภูมิตามสภาพแวดล้อม สุ่มเก็บตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม โดยที่ระยะเวลาการสุ่มเก็บตัวอย่างหลังการหมัก สำหรับข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 อายุการหมัก 23 วัน และ SC17 ข้าวโพด GM858 ซุปเปอร์ อายุการหมัก 17 วัน เก็บตัวอย่างจำนวน 500 กรัม สุ่มจากส่วนบน กลาง และล่างของถุงหมัก แล้วผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำเก็บในถุงปลอดเชื้อ แช่เย็นทันที และนำกลับมาวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง (Kennang Ouamba et al., 2022)

การสกัดดีเอ็นเอ

การสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างข้าวโพดหมักดำเนินการโดยใช้ชุดสกัด DNeasy PowerSoil Pro Kit (Qiagen, Germany) ตามคู่มือผู้ผลิต โดยชั่งตัวอย่าง 0.25 กรัม และทำการบดละเอียดในสภาวะปลอดเชื้อ หลังการสกัดดีเอ็นเอวัดความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (OneDrop™) และตรวจสอบคุณภาพด้วยการรันเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส 1% agarose (Hisham et al., 2022)

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและเตรียมไลบรารี 16S rRNA

เพิ่มปริมาณยีน 16S rRNA ด้วยไพรเมอร์จาก 24 barcoding kit (16S barcode plate) ในการทำ PCR ปริมาตรรวม 20 µL ประกอบด้วยเทมเพลตดีเอ็นเอ 7.5 µL, 4X UltraRun long Range PCR Master Mix 5 µL, ไพรเมอร์ 24 barcoding kit (16S barcode plate) 5 µL และ PCR water 2.5 µL เงื่อนไขการเพิ่มปริมาณ ได้แก่ initial denaturation 95 °C, 3 min; (denaturation 95 °C 30 s, Annealing 55 °C 30 s, extension / 1 Kb 68 °C 2 min และ final extension 68 °C, 5 min จำนวน 30 รอบ) ทำให้ผลิตภัณฑ์ PCR บริสุทธิ์ด้วย AMPure XP beads (Beckman Coulter, USA) และนำไปใช้สร้างไลบรารีด้วยชุด Ligation Sequencing Kit (SQK–LSK114, Oxford Nanopore Technologies, UK) ตามคู่มือผู้ผลิตตรวจสอบประมาณความเข้มข้นของไลบรารีด้วย Fluorometer (Qubit, Thermo Fisher Scientific, USA)

การหาลำดับเบสด้วยเทคนิค Nanopore Sequencing และการประมวลผล

การหาลำดับเบสดำเนินการบนเครื่อง MinION Mk1D (Oxford Nanopore Technologies, UK) โดยใช้ flow cell รุ่น R10.4.1 (FLO–MIN114) อ่านสัญญาณ จากนั้นประมวลผลตามแนวทางของ Oxford Nanopore Technologies (2025) ด้วยโปรแกรม MinKNOW และ EPI2ME (metagenomics workflow) ข้อมูลตาราง abundance จากผลการวิเคราะห์จะถูกนำออกมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย MicrobiomeAnalyst โดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล SILVA v138 หรือ Greengenes2 เพื่อจัดจำแนกอนุกรมวิธาน (Kennang Ouamba et al., 2022) ค่าความหลากหลายภายในตัวอย่าง (Alpha diversity: Shannon, Simpson, Chao1) และระหว่างตัวอย่าง (Beta diversity: Bray–Curtis)

การวิเคราะห์เชิงสถิติ

เปรียบเทียบดัชนี alpha diversity ระหว่างกลุ่มโดยใช้ ANOVA และแจ้งค่า *p*–value ที่สอดคล้อง ทดสอบความแตกต่างของชุมชนโดย PERMANOVA บนระยะห่าง Bray–Curtis จากนั้นทำ PCoA plot (อธิบาย % variance ของแกน 1 และ 2) (Titioatchasai et al., 2023) การระบุตัวบ่งชี้ (Biomarker) และโมเดลจำแนกโดยใช้ LEfSe (Linear Discriminant Analysis Effect Size) เพื่อระบุสกุลหรือ taxa ที่แตกต่างเชิงสถิติระหว่างกลุ่ม (Chang et al., 2022) จากนั้นรายงาน taxa ที่มี MDA สูงสุด และเปรียบเทียบผลกับ LEfSe

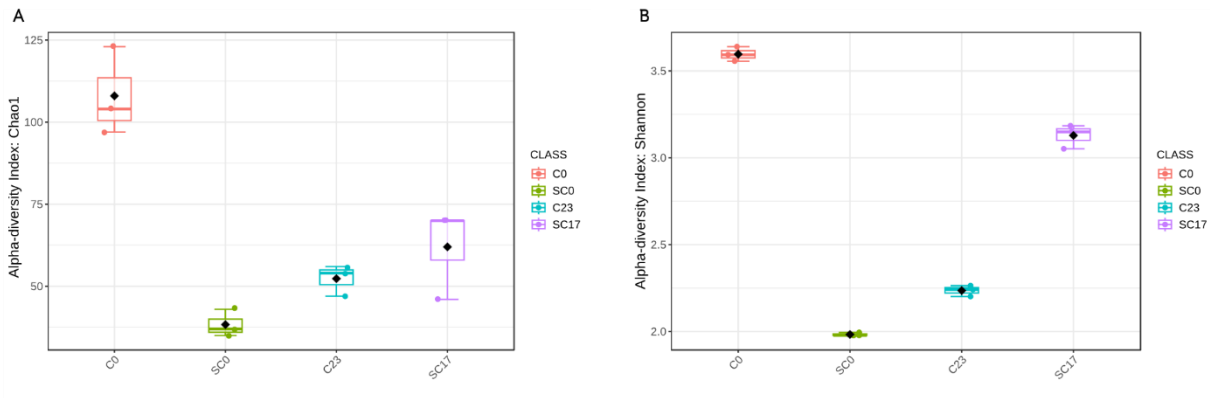
ผลการศึกษา

ลักษณะทางกายภาพของไซเลจ

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 และข้าวโพด GM858 ในพื้นที่อำเภอสันทราย จ.เชียงใหม่ ในช่วงฤดูฝน วันที่ 26 ส.ค. 2568 และ 1 ก.ย. 2568 พบมีปริมาณน้ำฝน 27.4 และ 7.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ข้อมูลจากรายงานปริมาณน้ำฝนจากสำนักทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ณ สถานีเทศบาลตำบลสันนาเม็ง อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ สอดคล้องกับการพยากรณ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ว่ามีฝนตกชุกหนาแน่น มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงถึง 75–80% ข้าวโพดทั้ง 2 สายพันธุ์เก็บเกี่ยวในช่วงอายุ 85–90 วัน มีความชื้นสูงมากกว่า 80% สูงกว่ามาตรฐานการผลิตข้าวโพดหมัก ลักษณะของทางกายภาพของข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 อายุการหมัก 23 วัน และข้าวโพดพันธุ์ GM858 อายุการหมัก 17 วัน มีลักษณะทางกายภาพคล้ายกัน มีสีเขียวอมเหลือง มีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดอง เนื้อสัมผัสมีลักษณะแน่น ไม่เละเป็นเมือก และมีค่า pH ประมาณ 4 (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์)

ความหลากหลายของแบคทีเรีย (Alpha diversity)

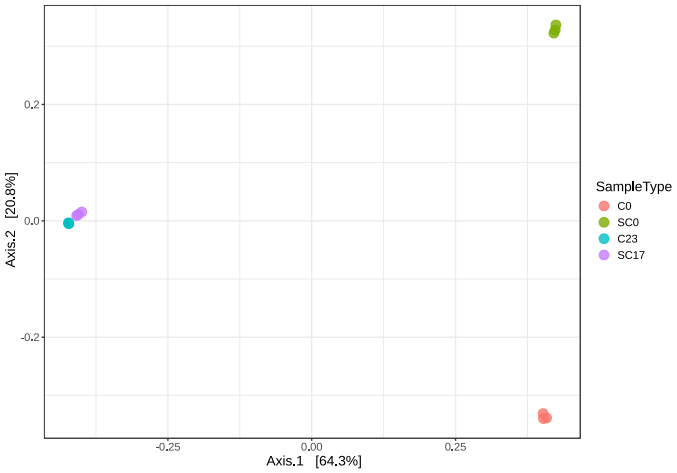
ดัชนีความหลากหลายภายในตัวอย่าง (Chao1 และ Shannon) แสดงให้เห็นว่าความหลากหลายเชิงจำนวนชนิด (richness) และความสม่ำเสมอ/การกระจายตัว (evenness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการหมัก **(ภาพที่ 1A–B)** ผลการวิเคราะห์ ANOVA พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสูงระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ทั้งในค่าดัชนี Chao1 (p = 0.00017, F = 26.46) และ Shannon ($p = 1.84 \times 10^{-10}$, F = 903.54) ก่อนการหมัก ตัวอย่างข้าวโพดหวานไฮบริกซ์ 59 (C0) มีค่าความอุดมสมบูรณ์ของชนิดแบคทีเรียสูงที่สุด (Chao1 ≈ 110–125) และความหลากหลายสูง (Shannon ≈ 3.6) ในขณะที่ข้าวโพดพันธุ์ GM858 (SC0) มีค่าต่ำกว่ามาก (Chao1 ≈ 40–50, Shannon ≈ 2.0) หลังจากการหมักแล้ว ความหลากหลายลดลงอย่างเด่นชัดในทั้งสองชนิด ตัวอย่าง C23 และ SC17 มีค่าความอุดมสมบูรณ์ลดลง (Chao1 ≈ 50–70) และมีความสม่ำเสมอปานกลาง (Shannon C23 ≈ 2.2; SC17 ≈ 3.0–3.15) แนวโน้มนี้บ่งชี้ถึงการแข่งขันในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งทำให้แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมแบบใช้ออกซิเจนจำนวนมากถูกแทนที่ด้วยกลุ่มแบคทีเรียทนกรดและไม่ใช้ออกซิเจนในกลุ่มกรดแลกติก (LAB) การลดลงของค่าดัชนี Shannon อย่างชัดเจนบ่งชี้ว่ามีการสูญเสียความสม่ำเสมอและมีแบคทีเรียบางชนิด (โดยเฉพาะในวงศ์ Lactobacillaceae) กลายเป็นกลุ่มเด่น (Liu et al., 2024) อย่างไรก็ตาม ข้าวโพดหมัก SC17 ยังคงมีค่าความหลากหลายสูงกว่า C23 เล็กน้อย เนื่องจากปริมาณน้ำตาลและความชื้นที่สูงในข้าวโพด ทำให้สามารถสนับสนุนการอยู่ร่วมกันของแบคทีเรีย LAB ได้หลายสปีชีส์ในระยะเริ่มต้นของการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ความหลากหลายที่คงอยู่ในระดับปานกลางนี้สัมพันธ์กับการหมักที่มีเสถียรภาพและความคงตัวต่อการเปิดไซโลที่ดีขึ้น (Du et al., 2024; Lu et al., 2023; Zhao et al., 2023)



ภาพที่ 1 ความหลากหลายของแบคทีเรียในข้าวโพดก่อนและหลังการหมัก
(A) ค่าดัชนี Chao1 และ (B) ค่าดัชนี Shannon ของตัวอย่างข้าวโพด 4 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวโพดสดพันธุ์ไฮบริกซ์ 59 (C0), ข้าวโพดสดพันธุ์ GM858 (SC0), ข้าวโพดหมัก 23 วัน (C23) และข้าวโพดหมัก 17 วัน (SC17)

ความแตกต่างของชุมชนจุลินทรีย์ (Beta diversity)

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างชุมชนจุลินทรีย์ (Beta diversity) โดยใช้ Bray–Curtis dissimilarity พบว่ามีการแยกกลุ่มอย่างชัดเจนระหว่างตัวอย่างแต่ละชนิด (PERMANOVA: $F = 331.31$, $R^2 = 0.992$, $p = 0.001$; **ภาพที่ 2**) กราฟ PCoA อธิบายความแปรปรวนรวมได้ 64.3% และ 20.8% ตามแกนหลักสองแกนตามลำดับ โดยกลุ่มก่อนหมักแยกกันชัดเจน แต่หลังหมักมีความคล้ายคลึงและบรรจบกัน คือ มีระยะห่างมากระหว่างตัวอย่างก่อนหมักและหลังหมัก แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของชุมชนจุลินทรีย์จากกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน การที่ C23 และ SC17 อยู่ใกล้กันแสดงให้เห็นว่าชุมชนจุลินทรีย์ของทั้งสองชนิดมีแนวโน้มบรรจบกัน โดยเปลี่ยนไปสู่การมีปริมาณ LAB สูง แม้ว่าจะมีความแตกต่างของชนิดข้าวโพดในตอนต้นก็ตาม ในทางกลับกัน การแยกกลุ่มระหว่าง C0 และ SC0 ก่อนหมักสะท้อนถึงความแตกต่างของชุมชนจุลินทรีย์บนผิวพืช ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์ข้าวโพดและสภาพแวดล้อมจุลภาค (microhabitats) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า ที่รายงานว่าความแตกต่างของชุมชนจุลินทรีย์ในข้าวโพดหมักอธิบายได้จากสถานะการหมัก มากกว่าปัจจัยชนิดพืชหรือสถานที่ (Hisham et al., 2022; Huang et al., 2021)

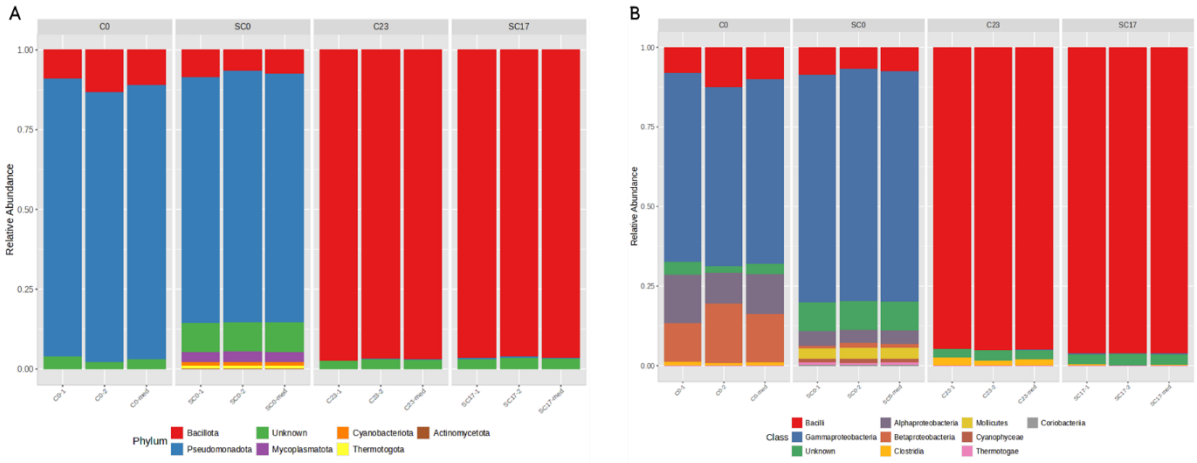


ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของชุมชนจุลินทรีย์โดยใช้ PCoA บนพื้นฐาน Bray–Curtis dissimilarity

กราฟ PCoA แสดงการกระจายตัวของชุมชนจุลินทรีย์ในตัวอย่างข้าวโพด 4 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวโพดสดพันธุ์ไฮบริกซ์ 59 (C0), ข้าวโพดสดพันธุ์ GM858 (SC0), ข้าวโพดหมัก 23 วัน (C23) และข้าวโพดหมัก 17 วัน (SC17) โดยแกนที่ 1 และ 2 อธิบายความแปรปรวนได้ 64.3% และ 20.8% ตามลำดับ

องค์ประกอบทางอนุกรมวิธาน (Taxonomic composition)

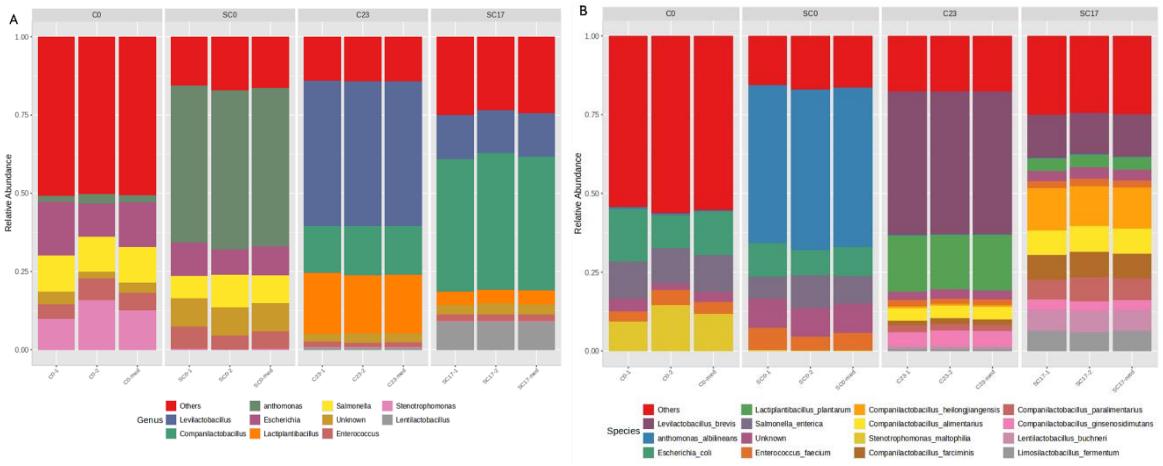
ระดับไฟลัมและคลาส ก่อนหมักข้าวโพดทั้งสองชนิดมีประชากรในกลุ่ม Pseudomonadota (Proteobacteria) สูงที่สุด รองลงมาคือ Bacillota (Firmicutes) และมี Actinomycetota และ Mycoplasmatota ในสัดส่วนเล็กน้อย **(ภาพที่ 3)** ภายในกลุ่ม Proteobacteria พบว่า Gammaproteobacteria และ Betaproteobacteria เป็นกลุ่มหลัก ซึ่งสัมพันธ์กับการมีอยู่ของ Enterobacteriaceae และ Pseudomonadaceae ที่มักอาศัยอยู่บนผิวพืช ดิน และน้ำ หลังจากหมัก 17–23 วัน พบว่า Bacillota เป็นแบคทีเรียเด่นเกือบทั้งหมด (>95%) โดยเฉพาะคลาส Bacilli ในขณะที่ Proteobacteria หายไปเกือบทั้งหมด การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นลักษณะสำคัญของการเปลี่ยนผ่านจากสภาพใช้ออกซิเจนไปสู่ไม่ใช้ออกซิเจนในไซเลจที่ประสบความสำเร็จ



ภาพที่ 3 องค์ประกอบชุมชนจุลินทรีย์ในข้าวโพดก่อนและหลังการหมักที่ระดับไฟลัม (A) และระดับคลาส (B)

ในระดับออร์เดอร์และวงศ์ ก่อนหมักพบ Enterobacterales, Pseudomonadales และ Burkholderiales เป็นกลุ่มหลัก พร้อมกับ Mycoplasmatales ในสัดส่วนน้อย หลังหมักพบว่าแบคทีเรียส่วนใหญ่เป็น Lactobacillales โดย Lactobacillaceae มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ Enterococcaceae การหายไปของ Clostridiaceae ชี้ว่าการหมักมีประสิทธิภาพสูงและไม่มีการหมักแบบบิวทิริกที่ไม่พึงประสงค์

ในระดับสกุล **(ภาพที่ 4A)** ถึงสายพันธุ์ **(ภาพที่ 4B)** ก่อนหมัก พบ *Escherichia*, *Salmonella*, *Stenotrophomonas* และ *Anthomonas* จำนวนมาก ซึ่งเป็นแบคทีเรียจากดิน น้ำฝน และอุปกรณ์เก็บเกี่ยวในฤดูฝน หลังหมัก พบว่า *Lactiplantibacillus*, *Companilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Limosilactobacillus* และ *Lentilactobacillus* กลายเป็นประชากรส่วนใหญ่ โดยมี *Enterococcus* อยู่บ้างเล็กน้อย ในระดับสายพันธุ์/สปีชีส์ พบว่า *Lactiplantibacillus plantarum*, *Companilactobacillus alimentarius* และ *Levilactobacillus brevis* เป็นสปีชีส์หลัก ซึ่งเป็น LAB ที่มีความสามารถในการสร้างกรดสูงและช่วยรักษาไซเลจให้คงสภาพ (Muck et al., 2018)

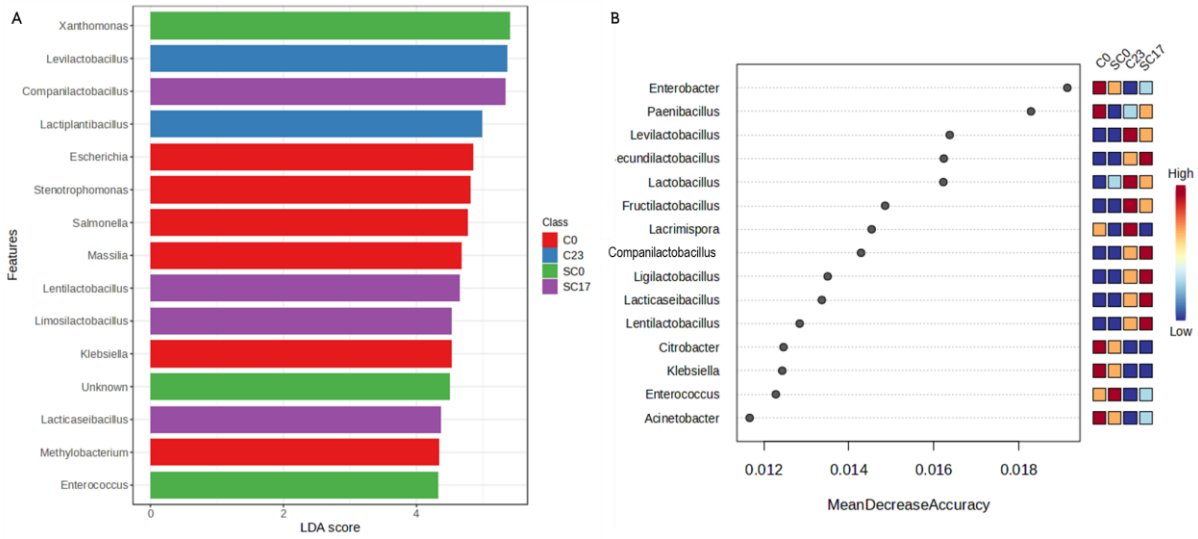


ภาพที่ 4 องค์ประกอบชุมชนจุลินทรีย์ในข้าวโพดก่อนและหลังการหมักที่ระดับสกุล (A) และระดับสปีชีส์ (B) (A) สัดส่วนสัมพัทธ์ของแบคทีเรีย 10 สกุลที่พบมากที่สุด (Top 10 genera) ในตัวอย่างข้าวโพดสด (C0, SC0) และข้าวโพดหมัก (C23, SC17) (B) สัดส่วนสัมพัทธ์ของแบคทีเรีย 15 สปีชีส์ที่พบมากที่สุด (Top 15 species) แสดงรูปแบบที่สอดคล้องกับระดับสกุล

ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker)

การวิเคราะห์ Linear discriminant analysis Effect Size (LEfSe) (FDR < 0.1, LDA > 2.0) ระบุแบคทีเรีย 15 สกุลที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสี่กลุ่มตัวอย่าง (C0, SC0, C23, SC17) **(ภาพที่ 5A)** โดยชุมชนจุลินทรีย์ก่อนหมัก (C0 และ SC0) มีตัวบ่งชี้เด่น ได้แก่ *Escherichia*, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Stenotrophomonas*, *Massilia* และ *Xanthomonas* ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Proteobacteria ที่พบทั่วไปบนผิวพืชและในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง สอดคล้องกับการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝนที่มีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม ตัวอย่างหลังหมัก (C23 และ SC17) มีการครอบงำของแบคทีเรียกลุ่มกรดแลกติก (LAB) อย่างเด่นชัด ได้แก่ *Lactiplantibacillus*, *Levilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Companilactobacillus* และ *Lacticaseibacillus* ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้หลักของกระบวนการหมักและสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบจุลินทรีย์ โดยเฉพาะใน SC17 ที่พบความหลากหลายของ LAB มากกว่า C23 เล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบ *Enterococcus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มักเกิดขึ้นในระยะเริ่มต้นของการหมักและทนต่อสภาพกรดได้ดี

ผลการวิเคราะห์ Random Forest (2,000 trees; **ภาพที่ 5B**) สนับสนุนผลจาก LEfSe โดยระบุสกุลสำคัญที่ช่วยแยกกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังหมัก ได้แก่ *Paenibacillus* และ *Citrobacter* ในระยะก่อนหมัก และ LAB ต่าง ๆ เช่น *Lacticaseibacillus*, *Limosilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Fructilactobacillus*, *Enterococcus* และ *Companilactobacillus* ในระยะหลังหมัก สกุลเหล่านี้ให้ค่า Mean Decrease Accuracy (MDA) สูงที่สุด แสดงถึงบทบาทสำคัญในการจำแนกระบบนิเวศทั้งสองระยะ



ภาพที่ 5 การระบุแบคทีเรียตัวบ่งชี้โดยใช้ LEfSe (A) และการจัดอันดับความสำคัญของตัวแปรด้วย Random Forest ในระดับสกุล (B)

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายภายในตัวอย่างพบว่าค่าดัชนี Chao1 และ Shannon ลดลงอย่างชัดเจนหลังการหมัก สอดคล้องกับแนวคิดว่ากระบวนการหมักเป็นตัวกรองเชิงนิเวศ (ecological filter) ที่คัดเลือกให้แบคทีเรียที่ทนกรดและไม่ใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) เป็นประชากรเด่น ในขณะที่แบคทีเรียใช้ออกซิเจนและแบคทีเรียแกรมลบที่ไวต่อกรดจะถูกกำจัดออกไปเมื่อค่า pH ลดต่ำลง และสภาพแวดล้อมเปลี่ยนเป็นไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่พบว่าความหลากหลายของชุมชนจุลินทรีย์ในไซเลจมีแนวโน้มลดลงเมื่อการหมักดำเนินไปและ LAB เพิ่มปริมาณระบบนิเวศมากขึ้น (Yang et al., 2021)

การวิเคราะห์ด้วย Bray–Curtis และ PCoA ยืนยันว่าปัจจัยหลักที่กำหนดองค์ประกอบของชุมชนจุลินทรีย์คือสถานะของการหมัก มากกว่าชนิดของพืช เนื่องจากตัวอย่างก่อนหมัก (C0, SC0) แยกกลุ่มออกจากตัวอย่างหลังหมัก (C23, SC17) อย่างชัดเจน ในขณะที่ C23 และ SC17 มีแนวโน้มบรรจบกันไปสู่ชุมชนที่ LAB เป็นประชากรส่วนใหญ่ แม้วัตถุดิบจะมาจากสายพันธุ์ข้าวโพดที่ต่างกัน ผลนี้สอดคล้องกับงาน meta-analysis และงานภาคสนามที่รายงานว่าการตั้งตัวของ LAB ในระยะต้นเป็นตัวกำหนดทิศทางของการสืบทอดชุมชนจุลินทรีย์ในไซเลจมากกว่าปัจจัยด้านพันธุ์พืชเพียงอย่างเดียว (Ridwan et al., 2023)

ผลการศึกษานี้พบการเปลี่ยนผ่านจาก Proteobacteria (เช่น Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae) ไปสู่ Bacillota โดยเฉพาะคลาส Bacilli ภายหลัง 17–23 วัน ซึ่งเป็นแบบแผนที่มักพบในไซเลจที่หมักสำเร็จและคงสภาพได้ดี (Muck, 2010) ระดับสกุลและสปีชีส์พบว่า *Escherichia*, *Salmonella*, *Stenotrophomonas* และแบคทีเรียจากดิน น้ำ ในวันแรกถูกแทนที่ด้วย LAB เช่น *Lactiplantibacillus plantarum*, *Companilactobacillus alimentarius*, *Levilactobacillus brevis* ในระยะหมักที่เสถียรแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ชี้ว่า LAB เหล่านี้มีศักยภาพสูงในการสร้างกรดอินทรีย์และรักษาเสถียรภาพของไซเลจในระยะยาว (Jiang et al., 2020)

สภาพอากาศฤดูฝนของเขตร้อนชื้น ซึ่งมีฝนตกบ่อยและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80% มีผลชัดเจนต่อปริมาณและองค์ประกอบของจุลินทรีย์เริ่มต้นบนผิวพืช เนื่องจากความชื้นบนใบและก้านพืชเอื้อต่อการเกาะของแบคทีเรียจากดินและน้ำฝน ทำให้พบ Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae และ Burkholderiaceae ในระดับสูงก่อนการหมัก ข้อสังเกตนี้สอดคล้องกับรายงานเกี่ยวกับ epiphytic microbiota ในหญ้าและพืชอาหารสัตว์ที่พบว่าแบคทีเรียจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้เป็นกลุ่มแรกที่มักพบบนพืชสดก่อนการหมัก โดยเฉพาะในเขตร้อนหรือพื้นที่ชื้นสูง (Ogunade et al., 2018) การตรวจพบ *Escherichia* หรือ *Salmonella* ในระยะแรกจึงสะท้อนการปนเปื้อนตามธรรมชาติจากสิ่งแวดล้อมมากกว่าความบกพร่องทางด้านสุขอนามัยในการจัดการฟาร์ม ทั้งนี้ เมื่อค่า pH ลดต่ำกว่า 4.0 และสภาพไม่ใช้ออกซิเจนถูกสร้างขึ้น แบคทีเรียแกรมลบเหล่านี้จะไม่สามารถดำรงอยู่ได้และหายไปจากไซเลจ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่าไซเลจที่หมักได้ดี จะไม่เป็นแหล่งสะสมเชื้อก่อโรคที่มีความเสี่ยงต่อสัตว์หรือต่อห่วงโซ่อาหารหากการจัดการถูกต้อง (Queiroz et al., 2018)

ผลการศึกษานี้สนับสนุนแนวคิดของ Muck (2010) ที่เสนอว่าการรวมกันของสภาวะไร้ออกซิเจนและการหมักโดย LAB จะควบคุมกิจกรรมจุลินทรีย์ส่วนใหญ่และคัดเลือกเฉพาะกลุ่มที่ทนกรดได้ดีไว้ในระบบ (Muck, 2010) LAB โดยเฉพาะ *L. plantarum* สามารถใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในข้าวโพดและเร่งการสร้างกรดแลกติก ทำให้ค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งยับยั้งการเจริญของเชื้อสปอร์ Clostridia ยีสต์ และรา ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kim et al., 2021) การไม่พบ Clostridia และ Enterobacteriaceae ในตัวอย่างหลังหมักของการศึกษานี้ จึงเป็นหลักฐานเชิงจุลชีววิทยาที่ชี้ว่ากระบวนการหมักมีประสิทธิภาพ แม้จะเริ่มจากวัตถุดิบในฤดูฝนที่มีภาระเชื้อสูง

ความแตกต่างเล็กน้อยระหว่างข้าวโพดทั่วไปและข้าวโพดหวานสะท้อนบทบาทขององค์ประกอบวัสดุตั้งต้น โดย C0 มีความหลากหลายเริ่มต้นสูงกว่า ขณะที่ SC17 หลังหมักยังคงมีค่า Chao1 และ Shannon สูงกว่า C23 เล็กน้อย แสดงว่าข้าวโพดหวานซึ่งมีน้ำตาลและความชื้นสูงกว่า อาจเอื้อต่อการอยู่ร่วมกันของ LAB หลายสกุลให้คงอยู่ในระยะหมักนิ่งได้ดีขึ้น งานวิจัยในไซเลจที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงอื่น ๆ ก็รายงานแนวโน้มคล้ายกันว่ามีการอยู่ร่วมของ *L. plantarum* และ *L. brevis* ทำให้เกิดการผลิตกรดที่สมดุลและเพิ่มเสถียรภาพเมื่อเปิดไซโล (Li et al., 2022) ผลการศึกษาจากตัวอย่าง SC17 จึงสนับสนุนว่าข้าวโพดหวานอาจเป็นวัสดุตั้งต้นที่มีความยืดหยุ่นทางจุลชีววิทยาสูงเหมาะกับการหมักในฤดูฝนหากจัดการความชื้นและการอัดแน่นอย่างเหมาะสม

การวิเคราะห์ LEfSe และ Random Forest ช่วยยืนยันบทบาทของ LAB และแบคทีเรียจากสิ่งแวดล้อมในฐานะตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarkers) ก่อนและหลังหมัก ช่วงก่อนหมัก ตัวบ่งชี้สำคัญได้แก่ *Escherichia*, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Xanthomonas* สะท้อนผลของสภาพอากาศชื้นและการปนเปื้อนในภาคสนาม ในทางตรงกันข้าม หลังหมัก LAB หลายสกุล ได้แก่ *Lactiplantibacillus*, *Companilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Lacticaseibacillus* รวมถึง *Enterococcus* ถูกจัดให้เป็นตัวแปรสำคัญด้วยค่า LDA และ MDA สูง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่า LAB สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพไซเลจและความสำเร็จของการหมักได้ดี (Yang et al., 2021)

ในเชิงปฏิบัติ ผลการศึกษานี้เสนอแนวทางจัดการการหมักในฤดูฝน ได้แก่ (1) หลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวทันทีหลังฝนตกหนักเพื่อลดการปนเปื้อนบนผิวพืช (2) ปรับอัตราส่วนค่าวัตถุแห้งให้อยู่ราว 30–35% เพื่อป้องกันการไหลเยิ้มและการหมักแบบบิวทิริก และ (3) อัดแน่นและปิดไซโลให้แนบสนิทเพื่อลดออกซิเจนตกค้าง ในการศึกษาต่อยอดอาจเพิ่มการวิเคราะห์ประชากรยีสต์และราเพิ่มเติมด้วย โดยสามารถใช้ ITS amplicon sequencing เพื่อให้ครอบคลุมการศึกษาประชากรจุลินทรีย์ทั้งหมด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การหมักข้าวโพดในฤดูฝนของประเทศไทย แม้จะเริ่มจากวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงและมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียจากสิ่งแวดล้อมหลากหลายชนิด แต่หากกระบวนการหมักดำเนินไปอย่างถูกต้อง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงชุมชนจุลินทรีย์จากประชากรที่เต็มไปด้วย Proteobacteria ไปสู่ประชากรที่มี LAB เป็นส่วนใหญ่ การลดลงของค่าดัชนี alpha diversity และการแยกกลุ่ม beta diversity ระหว่างก่อนและหลังหมัก ตลอดจนการไม่พบ Enterobacteriaceae หรือ Clostridia ในไซเลจสุดท้าย (หลังหมัก) บ่งชี้ว่ากระบวนการหมักทำหน้าที่เสมือนกลไกฆ่าเชื้อตามธรรมชาติ ที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ในเชิงเชิงชีวชี้วัด LAB หลายสกุล โดยเฉพาะ *L. plantarum*, *C. alimentarius* และ *L. brevis* สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดสำคัญของไซเลจที่หมักสำเร็จและมีเสถียรภาพสูง ดังนั้น แม้การผลิตไซเลจในฤดูฝนจะเผชิญความเสี่ยงด้านจุลินทรีย์มากกว่าฤดูแล้ง แต่ผลการวิจัยนี้ชี้ว่าด้วยการจัดการความชื้น การอัดแน่น และการปิดไซโลที่ดี สามารถนำไปสู่ไซเลจที่มีคุณภาพดี ปลอดภัย และมีความเสถียรได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ให้การสนับสนุนค่าลงทะเบียนการเข้าร่วมการประชุมวิชาการครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ หน่วยความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีชีวภาพพืชสมัยใหม่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนด้านการวิเคราะห์เมแทจีโนมิกส์ตลอดการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. (2568). คู่มือ การผลิตต้นข้าวโพดพร้อมฝักและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2568 ได้จาก https://pvlo-cmi.dld.go.th/webnew/images/doc/create_%20awareness/2568/Feb68/3.pdf

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. (2563). คู่มือสำหรับเกษตรกร การผลิตข้าวโพดพร้อมฝักเพื่อเป็นอาหารสัตว์. สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2568 ได้จาก https://nutrition.dld.go.th/nutrition/images/pdf/Corn%20DLD.pdf?utm_source=chatgpt.com

Chang, F., He, S., & Dang, C. (2022). Assisted selection of biomarkers by linear discriminant analysis effect size (LEfSe) in microbiome data. *Journal of Visualized Experiments (JoVE)*(183), e61715.

Ding, Z., Bai, J., Xu, D., Li, F., Zhang, Y., & Guo, X. (2020). Microbial community dynamics and natural fermentation profiles of ensiled alpine grass Elymus nutans prepared from different regions of the Qinghai–Tibetan plateau. *Frontiers in Microbiology*, *11*, 855.

Du, Z., Yamasaki, S., Oya, T., Nguluve, D., Euridse, D., Tinga, B., Macome, F., & Cai, Y. (2024). Microbial network and fermentation modulation of Napier grass and sugarcane top silage in southern Africa. *Microbiology Spectrum*, *12*(1), e03032-03023.

Hisham, M. B., Hashim, A. M., Mohd Hanafi, N., Abdul Rahman, N., Abdul Mutalib, N. E., Tan, C. K., Nazli, M. H., & Mohd Yusoff, N. F. (2022). Bacterial communities associated with silage of different forage crops in Malaysian climate analysed using 16S amplicon metagenomics. *Scientific Reports*, *12*(1), 7107.

Huang, Y., Liang, L., Dai, S., Wu, C., Chen, C., & Hao, J. (2021). Effect of different regions and ensiling periods on fermentation quality and the bacterial community of whole-plant maize silage. *Frontiers in Microbiology*, *12*, 743695.

Jiang, F.-g., Cheng, H.-j., Liu, D., Wei, C., An, W.-j., Wang, Y.-f., Sun, H.-t., & Song, E.-l. (2020). Treatment of whole-plant corn silage with lactic acid bacteria and organic acid enhances quality by elevating acid content, reducing pH, and inhibiting undesirable microorganisms. *Frontiers in Microbiology*, *11*, 593088.

Kennang Ouamba, A. J., Gagnon, M., Varin, T., Chouinard, P. Y., LaPointe, G., & Roy, D. (2022). Metataxonomic insights into the microbial ecology of farm-scale hay, grass or legume, and corn silage produced with and without inoculants. *Frontiers in Systems Biology*, *2*, 955611.

Kim, D. H., Lee, K. D., & Choi, K. C. (2021). Role of LAB in silage fermentation: Effect on nutritional quality and organic acid production—An overview.

Kung Jr, L., Shaver, R., Grant, R., & Schmidt, R. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy science*, *101*(5), 4020-4033.

Li, Y., Du, S., Sun, L., Cheng, Q., Hao, J., Lu, Q., Ge, G., Wang, Z., & Jia, Y. (2022). Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on dynamic fermentation quality and microbial community of native grass silage. *Frontiers in Microbiology*, *13*, 830121.

Lin, C., Bolsen, K., Brent, B., Hart, R., Dickerson, J., Feyerherm, A., & Aimutis, W. (1992). Epiphytic microflora on alfalfa and whole-plant corn. *Journal of dairy science*, *75*(9), 2484-2493.

Liu, X., Wang, A., Zhu, L., Guo, W., Guo, X., Zhu, B., & Yang, M. (2024). Effect of additive cellulase on fermentation quality of whole-plant corn silage ensiling by a Bacillus inoculant and dynamic microbial community analysis. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1330538.

Lu, G., Huang, X., Li, L., Chen, C., & Li, P. (2023). Effects of ambient temperature and available sugar on bacterial community of Pennisetum sinese leaf: An in vitro study. *Frontiers in Microbiology*, *13*, 1072666.

Muck, R., Nadeau, E., McAllister, T., Contreras-Govea, F., Santos, M., & Kung Jr, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of dairy science*, *101*(5), 3980-4000.

Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *39*, 183-191.

Ogunade, I., Jiang, Y., Cervantes, A. P., Kim, D., Oliveira, A., Vyas, D., Weinberg, Z., Jeong, K., & Adesogan, A. (2018). Bacterial diversity and composition of alfalfa silage as analyzed by Illumina MiSeq sequencing: effects of Escherichia coli O157: H7 and silage additives. *Journal of dairy science*, *101*(3), 2048-2059.

Queiroz, O., Ogunade, I., Weinberg, Z., & Adesogan, A. (2018). Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. *Journal of dairy science*, *101*(5), 4132-4142.

Ridwan, R., Abdelbagi, M., Sofyan, A., Fidriyanto, R., Astuti, W. D., Fitri, A., Sholikin, M. M., Rohmatussolihat, Sarwono, K. A., & Jayanegara, A. (2023). A meta-analysis to observe silage microbiome differentiated by the use of inoculant and type of raw material. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1063333.

Titioatchasai, J., Surachat, K., Kim, J. H., & Mayakun, J. (2023). Diversity of microbial communities associated with epilithic macroalgae in different coral reef conditions and damselfish territories of the Gulf of Thailand. *Journal of Marine Science and Engineering*, *11*(3), 514.

Xu, J., Ma, J., Sa, R., Sui, H., Wang, X., Li, Q., Zhu, X., Wu, B., Hu, Z., & Niu, H. (2024). Effects of lactic acid bacteria inoculants on the nutrient composition, fermentation quality, and microbial diversity of whole-plant soybean-corn mixed silage. *Frontiers in Microbiology*, *15*, 1347293.

Yang, F., Zhao, S., Wang, Y., Fan, X., Wang, Y., & Feng, C. (2021). Assessment of bacterial community composition and dynamics in alfalfa silages with and without Lactobacillus plantarum inoculation using absolute quantification 16S rRNA sequencing. *Frontiers in Microbiology*, *11*, 629894.

Zhao, M., Bao, J., Wang, Z., Du, S., Gao, C., Nan, D., Yan, X., & Ge, G. (2023). Evaluation of the fermentation performance and functional properties of bacterial communities of amaranth silage supplemented with Limosilactobacillus fermentum and Latilactobacillus graminis. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *10*(1), 103.

Initial Chemical Profiling and Bioactivity Evaluation of *Mammea siamensis* and *Mesua ferrea* Extracts

Pinyaporn Wongsamarn[1], Wiangping Kudseesaeng[1] and Tippapha Pisithkul[1,2*]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการประเมินองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพเบื้องต้นของสารภี (*Mammea siamensis*) และบุนนาค (*Mesua ferrea*) ซึ่งเป็นสมุนไพรที่ใช้ในตำรับยาไทย ตัวอย่างพืชได้รับการตรวจสอบชนิด ด้วยเทคนิคดีเอ็นเอบาร์โค้ด (DNA barcoding) โดยใช้ยีน *matK* ซึ่งพบว่ามีความคล้ายคลึงกับข้อมูลอ้างอิงมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดที่เตรียมด้วยวิธีการแช่หมักในเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ถูกวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ความเป็นพิษต่อเซลล์ประสาท PC12 และองค์ประกอบเมแทบอไลต์ด้วย UHPLC–MS/MS ผลการศึกษาพบว่าพืชทั้งสองชนิดมีสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ โดยบุนนาคมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าสารภีอย่างมีนัยสำคัญ การทดสอบด้วยวิธี ABTS พบว่าสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระดับปานกลาง ขณะที่ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ด้วยวิธี WST–8 พบว่าสารสกัดที่ทดสอบทั้งหมดไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ แต่กลับเพิ่มการอยู่รอดของเซลล์ PC12 โดยเฉพาะสารสกัดใบบุนนาคที่ให้ผลการเพิ่มปริมาณเซลล์สูงสุด ผลการศึกษานี้บ่งชี้ถึงศักยภาพในการปกป้องหรือส่งเสริมการทำงานของเซลล์ประสาท ผลการวิเคราะห์โปรไฟล์ของเมแทบอไลต์ในภาพรวม แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างพืชสองชนิดอย่างชัดเจน โดยพบว่าเมแทบอไลต์วิเคราะห์ด้วย positive ionization อุดมไปด้วยสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ benzocycloheptapyridines, carboximidic acids และ สเตียรอยด์ ในขณะที่เมแทบอไลต์วิเคราะห์ด้วย negative ionization อุดมไปด้วยสารประกอบ non–metal oxoanion เตตราไซคลิน ฟิวแรน และฟลาโวนอยด์บางชนิด ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของสารภีและบุนนาคในฐานะแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาต่อยอดด้านสารออกฤทธิ์และกลไกการปกป้องเซลล์ประสาทในอนาคต

คำสำคัญ: สารภี, บุนนาค, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, องค์ประกอบทางเคมี

[1] Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290

[2] Unit of Excellence in Modern Plant Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author: tpisithkul@gmail.com

Abstract

This study provides an initial chemical and bioactivity evaluation of *Mammea siamensis* (Saraphi) and *Mesua ferrea* (Bunnak), two medicinal plants widely used in Thai traditional formulations. Plant materials were authenticated by DNA barcoding using the *matK* gene, confirming species identity with >99% sequence similarity to reference records. Ethanolic extracts (50% v/v) were prepared by maceration and analyzed for total phenolic and flavonoid contents, antioxidant capacity, cytotoxicity in PC12 neuronal cells, and metabolite composition by UHPLC–MS/MS. Both species contained phenolic and flavonoid constituents, with *M. ferrea* exhibiting notably higher flavonoid content than *M. siamensis*. ABTS radical scavenging assays indicated mild antioxidant activity in a dose–dependent manner. WST–8 cell viability assays showed no cytotoxicity; instead, all extracts enhanced PC12 viability, with the greatest increases observed in *M. ferrea* leaf extract, suggesting potential cytoprotective or neurotrophic activity. UHPLC–MS/MS profiling revealed distinct metabolite signatures between the two species. Metabolite set enrichment analysis of positive ionization data indicated enrichment of benzocycloheptapyridines, alkaloids, carboximidic acids, and steroid derivatives, while negative ionization data showed enrichment of non–metal oxoanion compounds, tetracyclines, furans, and selected flavonoid subclasses. These findings highlight qualitative chemical differences between the species and support their relevance as sources of bioactive phytochemicals. The results establish foundational comparative data to inform future work on compound isolation and mechanism–based evaluation, particularly regarding potential neuroprotective applications.

Keywords: *Mammea siamensis*, *Mesua ferrea*, antioxidant capacity, chemical profiling

Introduction

Mammea siamensis (Saraphi) and *Mesua ferrea* (Bunnak) are culturally significant medicinal plants widely used in Thai traditional medicine, particularly within aromatic tonic formulations aimed at alleviating fatigue, promoting cardiovascular strength, and supporting emotional balance. Both species are included in classical multi–herb preparations such as *ya–hom*, reflecting longstanding ethnobotanical relevance. Modern phytochemical investigations have shown that *M. siamensis* contains diverse xanthones, benzophenones, and prenylated coumarins, several of which exhibit notable antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activities (Chaniad et al., 2022; Suriyaprom et al., 2025). For example, coumarin derivatives isolated from *Mammea* species have been reported to induce apoptosis in cancer cell lines through caspase–dependent pathways (Sitthisuk et al., 2025).

Similarly, *M. ferrea* has a documented history of use as a cardiotonic and antimicrobial herb in Thai and Ayurvedic medicine. Chemical analysis has identified phenolics, flavonoids, essential oils, and prenylated coumarins, several of which demonstrate anti–inflammatory, anti–tyrosinase, and cytotoxic activities (Jalalpure et al., 2011; Manse et al., 2022). Extracts of *M. ferrea* have also been shown to modulate intracellular signaling pathways related to oxidative stress and cell survival, supporting its therapeutic potential (Plekratoke et al., 2023).

Despite these reports, comparative profiling of the two appearance–wise similar species under standardized extraction and evaluation conditions remains limited. Most studies have quantified total phenolic and flavonoid content or examined individual compounds, but few have integrated chemical profiling with bioactivity

evaluation relevant to their traditional uses. Moreover, while metabolomics–based approaches (e.g., LC–MS/MS feature profiling) offer deeper insights into phytochemical diversity, comprehensive analyses for these plants remain limited (Bajad & Shulaev, 2007; Hao et al., 2025), particularly for samples sourced from Northern Thailand. Such comparative and regionally contextual data are valuable for guiding future phytopharmacological research, product development, and value–added utilization of local medicinal resources. Further, the foundational profiling is important because bioactivity in plant extracts often arises from synergistic interactions between multiple secondary metabolites, rather than single isolated compounds (Betoni et al., 2006; Panossian et al., 2024). And would allow for the discovery of new useful substances/pharmacological relevant compounds (Najmi et al., 2022).

Therefore, this study aims to conduct initial chemical profiling and evaluate selected biological activities of *Mammea siamensis* and *Mesua ferrea* extracts. The purpose is to generate baseline comparative data while reserving full metabolomic characterization and compound–level structural elucidation for subsequent, more comprehensive studies. The findings will support future phytopharmacological research and the development of value–added applications based on these culturally and biologically important Thai medicinal plants.

Research aims

1. To perform initial chemical profiling of extracts from *Mammea siamensis* and *Mesua ferrea*, focusing on major phytochemical groups associated with traditional medicinal use.
2. To evaluate selected biological activities of the extracts, including antioxidant capacity and cytoprotective effects, using standardized *in vitro* assays.

Materials and methods

1. Plant materials

Fresh flowers and bark of *Mammea siamensis* (Saraphi) and *Mesua ferrea* (Bunnak) were obtained from TPC Herb and Kham Thiang Garden Market, Chiang Mai, Thailand. Botanical authentication was performed based on DNA barcoding. Genomic DNA was extracted from the plant tissues using a modified CTAB method (Schenk et al., 2023), and a *matK* gene region was amplified by PCR (Forward primer 5'–CGATCTATTCATTCAATATTTC–3'; reverse primer 5'–TCTAGCACACGAAAGTCGAAGT–3') using a condition previously described (Theodoridis et al., 2012). The resulting sequences were compared to publicly available reference sequences using BLAST to confirm the identity of each plant species. The authenticated plant materials were used for subsequent extraction and analysis.

2. Preparation of plant extracts

The plant materials (flowers, fruits (if applicable), and leaves) were washed thoroughly with distilled water and dried in a hot–air oven at 60°C for 24 hours. The dried samples were then ground into a fine powder using a mechanical grinder. For extraction, 10 g of powdered material was macerated in 100 mL of 50% LC–grade ethanol for 24 hours at ambient temperature (approximately 28°C). The extracts were filtered through Whatman No. 1 filter paper, and the filtrates were concentrated under reduced pressure using a rotary evaporator

with a 40°C water bath. The concentrated extracts were adjusted to a working concentration of 1 mg/mL and stored at −20°C until further analysis.

3. Total Phenolic Content (TPC)

The total phenolic content of the extracts was determined using the Folin–Ciocalteu method. Extract solutions were prepared at concentrations of 1000, 500, 200, and 100 µg/mL. For each reaction, 500 µL of extract solution was mixed with 250 µL of Folin–Ciocalteu reagent and allowed to stand for 5 minutes. Then, 1 mL of 7.5% (w/v) sodium bicarbonate was added, and the mixture was incubated in the dark for 30 minutes. The absorbance was measured at 765 nm using a UV–Vis spectrophotometer. Gallic acid was used to generate the standard calibration curve, and results were expressed as mg gallic acid equivalents per gram of extract (mg GAE/g extract). All measurements were performed in triplicate (n = 3) and reported as mean ± standard deviation (SD).

4. Total Flavonoid Content (TFC)

The total flavonoid content of the extracts was determined using the aluminum chloride colorimetric method. Extract solutions were prepared at concentrations of 1000, 500, 200, and 100 µg/mL. A 1 mL aliquot of extract was mixed with 4 mL of distilled water, followed by 0.3 mL of 5% sodium nitrite. After 5 minutes, 0.3 mL of 10% aluminum chloride was added. After an additional 1 minute, 2 mL of 1 M sodium hydroxide was added, and the mixture was diluted to a final volume of 10 mL with distilled water. The solution was vortexed to ensure homogeneity, and absorbance was measured at 510 nm. Total flavonoid content was calculated using a quercetin standard curve and expressed as mg quercetin equivalents per gram of extract (mg QE/g extract). All measurements were performed in triplicate (n = 3) and reported as mean ± SD.

5. Antioxidant capacity evaluation

The antioxidant activity of the plant extracts was determined using the ABTS radical cation decolorization assay. The $ABTS^{+}$ working solution was prepared by reacting 7 mM ABTS with 2.45 mM potassium persulfate and incubating the mixture in the dark at room temperature for 16 hours. The solution was then diluted with 50% ethanol to obtain an absorbance of 0.70 ± 0.02 at 734 nm. Extract samples were prepared at final concentrations of 10, 50, and 100 µg/mL. Ascorbic acid and gallic acid were used as reference antioxidant standards. For each measurement, 10 µL of sample or standard was mixed with 190 µL of $ABTS^{+}$ working solution and incubated for 6 minutes at room temperature. The absorbance was recorded at 734 nm using a microplate spectrophotometer. The percentage of radical scavenging activity was calculated relative to a blank control, and results were expressed as mean ± SD. All assays were performed in triplicate (n = 3).

6. Cytotoxicity evaluation

Cytotoxicity was evaluated using PC12 cells and the WST–8 colorimetric assay (Cell Counting Kit). PC12 cells were cultured in appropriate growth medium under standard cell culture conditions (37°C, 5% CO_2). Cells were seeded into 96–well plates and allowed to adhere for 24 hours prior to treatment. The extracts were

prepared at final concentrations of 200, 500, and 1000 µg/mL, and 50% ethanol was included as the negative control. After 24 hours of extract exposure, 10 µL of WST-8 reagent was added to each well and the plate was incubated for an additional 4 hours. Absorbance was measured at 450 nm using a microplate reader. Cell viability was expressed as a percentage relative to the untreated control group. All measurements were carried out in triplicate (n = 3) and reported as mean ± SD.

7. UHPLC–MS/MS analysis

The concentrated extracts were stored at −20°C prior to analysis. Before injection, each sample was passed through a 0.22 µm nylon syringe filter to remove particulate debris. UHPLC–MS/MS analysis was performed using a Dionex Ultimate 3000 UHPLC system coupled to a Q Exactive Focus Orbitrap mass spectrometer (Thermo Scientific, USA). A 10 µL aliquot of each sample was injected using an autosampler maintained at 4°C. Chromatographic separation was carried out on a Poroshell 120 EC-C18 column (100 mm × 2.1 mm, 2.7 µm; Agilent, USA). The mobile phases consisted of 0.1% formic acid in LC-grade water (Solvent A) and acetonitrile with 0.1% formic acid (Solvent B). The gradient elution program was as follows: 5% B (0.0–5.0 min), 5–95% B (5.0–25.0 min), 95–100% B (25.0–26.0 min), 100% B (26.0–35.0 min), 100–5% B (35.0–36.0 min), and held at 5% B until 45.0 min. The flow rate was 0.25 mL/min, giving a total run time of 45 minutes. Mass spectrometric detection was performed using positive electrospray ionization (ESI+). Full MS scans were acquired at a resolution of 35,000 (m/z range 85–1,000), followed by data-dependent MS/MS (ddMS2) acquisition at 17,500 resolution, using a 3.0 m/z isolation window and a normalized collision energy (NCE) of 15. The ion source parameters were: spray voltage 3.0 kV, capillary temperature 350°C, sheath gas 30 psi, auxiliary gas 10 au, and auxiliary heater temperature 300°C. LC-grade water served as the solvent blank, and an amino acid standard mix (AAS18; Sigma-Aldrich, USA) was used for system performance verification.

Raw MS data were converted to mzXML format and processed using MAVEN2 (Clasquin et al., 2012; Seitzer et al., 2022) for peak detection and alignment, applying a mass accuracy tolerance of ±10 ppm. Metabolite features were manually evaluated based on peak integrity and signal quality.

8. Statistical Analysis

All assays were performed in triplicate (n = 3) and data were expressed as mean ± standard deviation (SD). Statistical significance was assessed using one-way ANOVA with $p < 0.05$ considered significant. GraphPad Prism was used for data analysis and visualization. LC–MS/MS feature tables were further processed using MetaboAnalyst 6.0 (https://www.metaboanalyst.ca/) for multivariate statistical analysis.

Results

Plant material authentication

The identities of *Mammea siamensis* (Saraphi) and *Mesua ferrea* (Bunnak) used in this study were confirmed using DNA barcoding. Genomic DNA extracted from both plant samples was successfully amplified at the *matK* locus. The resulting sequences were compared to reference sequences in the NCBI database using BLAST, and both plant samples showed >99% sequence similarity to their respective species entries. The *M. siamensis* sequences matched published *Mammea siamensis matK* reference sequences with 99.85% identity, while the *M. ferrea* sequences matched the *Mesua ferrea* plastid genome entries with 100% identity. These results support the correct taxonomic assignment of both plant samples used in this study.

Table 1: Saraphi and Bunnak molecular confirmation

Species	Gene marker	Query coverage (%)	% Identity	Closest reference match	GenBank Accession
Mammea siamensis (Saraphi)	*matK*	100%	99.85%	*Mammea siamensis* maturase K	FJ670006.1
Mesua ferrea (Bunnak)	*matK*	100%	100%	*Mesua ferrea* plastid genome	MK995181.2/ NC_049111.1

Saraphi and Bunnak extracts contained phenolics and flavonoids

The total phenolic and flavonoid contents were quantified for both Saraphi and Bunnak extracts. At 100 µg/mL, the Saraphi extract contained 113.19 ± 30.75 mg GAE/g extract, while the Bunnak extract contained 209.31 ± 16.99 mg GAE/g extract. For flavonoids, Saraphi extract measured 445.99 ± 33.39 mg QE/g extract, whereas the Bunnak extract showed a substantially higher value of 3193.18 ± 935.37 mg QE/g extract. All measurements were performed in triplicate and expressed as mean ± SD.

Extracts showed mild antioxidant capacity and no cytotoxicity against the PC12 cell line

The radical scavenging activity of *M. siamensis* and *M. ferrea* extracts was evaluated using the ABTS assay across multiple concentrations (Figure 1A and 1B). Standard calibration curves were generated using ascorbic acid and gallic acid within the linear response range of the assay 0–45 µg/mL (Figure 1C and 1D). Both *M. siamensis* and *M. ferrea* extracts demonstrated dose–dependent increases in radical scavenging activity. For *M. siamensis* extract, the $ABTS^{+}$ scavenging activity values observed at 200, 500, and 1000 µg/mL were approximately 1.9%, 5.1%, and 10.1%, respectively. For *M. ferrea* extract, the radical scavenging activity values at 200, 500, and 1000 µg/mL were approximately 6.3%, 11.6%, and 19.1%, respectively. All assay measurements were performed in triplicate (n = 3), and values are presented as mean ± SD.

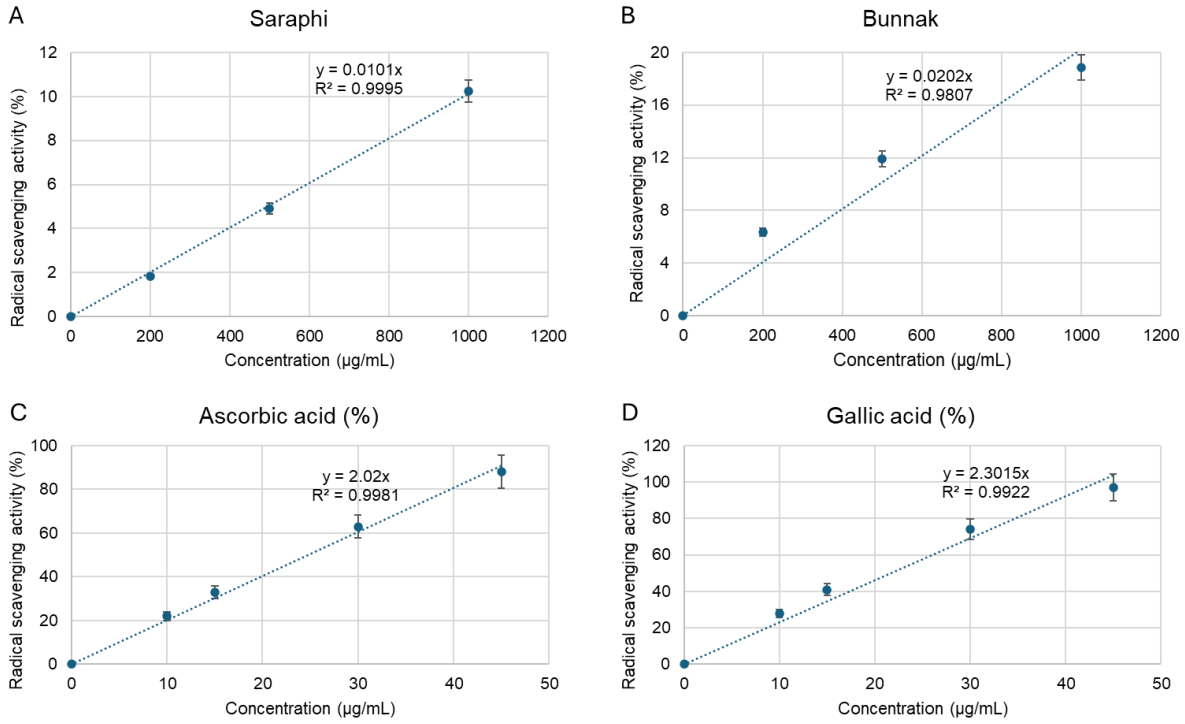


Figure 1: ABTS radical scavenging activity of (A) *Mammea siamensis* (Saraphi) and (B) *Mesua ferrea* (Bunnak) ethanol extracts compared with (C) ascorbic acid and (D) gallic acid standards). Standard curves were generated for ascorbic acid and gallic acid within the linear concentration range (0–45 µg/mL). Radical scavenging activity of Saraphi and Bunnak extracts was measured at 0–1000 µg/mL. Data are presented as mean ± SD (n = 3).

All extracts showed an overall increase in PC12 cell viability relative to the solvent control (Table 2). *Mammea siamensis* flower extract produced dose–dependent increases in viability, with significant differences from the control observed at 50–200 µg/mL (Dn), and distinct separation among concentrations according to DMRT. While the fruit extracts at concentrations of 50 ug/mL and 200 ug/mL respectively, exhibited the highest statistically significant effects on PC12 cell viability. Similarly, *Mesua ferrea* flower and leaf extracts also enhanced cell viability, with the leaf extract showing the greatest increase across all tested concentrations. Dunnett's test confirmed that most treated groups differed significantly from the control, while DMRT indicated clear grouping patterns among concentration levels within each plant part.

Table 2: Effects of *M. siamensis* and *M. ferrea* extracts on PC12 cell viability assessed by the WST–8 assay

Plants	Plant parts	(0 µg/mL)			(50 µg/mL)			(100 µg/mL)			(200 µg/mL)		
		avg	Dn	DMRT	avg	Dn	DMRT	avg	Dn	DMRT	avg	Dn	DMRT
M. siamensis	flowers	100	NA	c	112	0.0143	b	118.1	0.0013	ab	125.3	0.0001	a
	fruits	100	NA	c	165.6	<0.0001	a	156.6	<0.0001	b	157.6	<0.0001	ab
M. ferrea	flowers	100	NA	d	113.9	NS	cd	151	0.0005	a	139.2	0.0034	ab
	leaves	100	NA	d	166.2	<0.0001	bc	169.7	<0.0001	b	186.6	<0.0001	a

Values represent mean % viability relative to untreated control. Dn indicates Dunnett's test comparison vs. solvent control; DMRT (Duncan's Multiple Range Test) letters indicate grouping among treatments at $p < 0.05$.

Saraphi and Bunnak ethanol–based extracts showed distinct chemical profiles

Initial chemical profiling of the extracts was performed using UHPLC–MS/MS under positive electrospray ionization mode. Both extracts displayed multiple chromatographic peaks, indicating the presence of diverse secondary metabolites. However, differences in peak intensities and retention time distributions were observed between the two species.

The *M. siamensis* extract showed a greater abundance of ion features eluting in the 8–18 minute region, consistent with medium–polarity constituents. In contrast, the *M. ferrea* extract exhibited notable features eluting between 15–28 minutes, suggesting a distinct chemical composition.

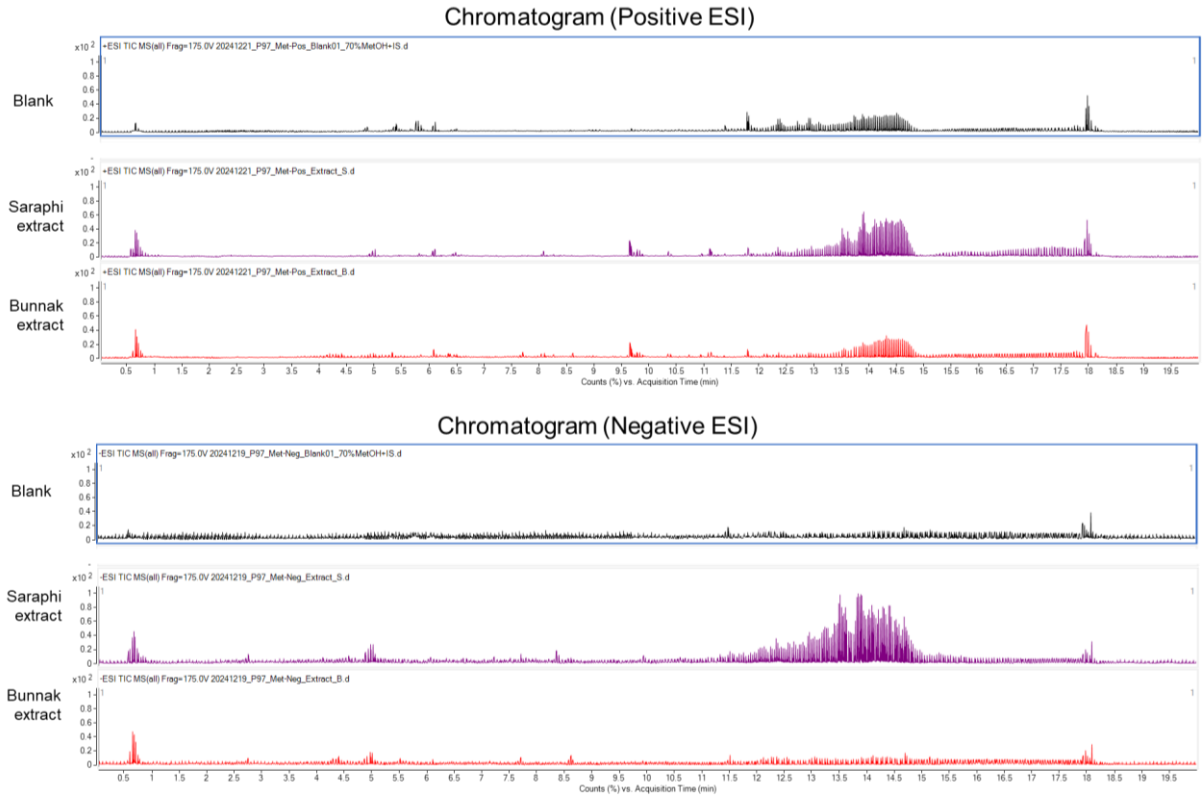


Figure 2: Total ion chromatograms (TICs) of *Mammea siamensis* (Saraphi) and *Mesua ferrea* (Bunnak) extracts acquired in positive (ESI+) and negative (ESI–) electrospray ionization modes. The top panels show the TICs of solvent blank controls, followed by the TICs of Saraphi extract (purple) and Bunnak extract (red). Distinct chromatographic peak patterns were observed between the two plant extracts in both ionization modes, indicating differences in metabolite composition. All chromatograms were acquired using UHPLC–MS/MS under identical analytical conditions.

In our preliminary screen, we analyzed Saraphi and Bunnak extracts composition and identified 164 features from positive ionization mode and 128 features from negative ionization mode. In the positive mode, metabolite enrichment analysis revealed several compound classes to be enriched in the combined metabolite profile of the two extracts (Figure 3A). The most prominent enrichment was observed in the benzocycloheptapyridine class, which showed the highest enrichment ratio and the lowest associated p–value, indicating strong representation of metabolites belonging to this category. Additional enriched classes included alkaloids, carboximidic acids and derivatives, steroids and steroid derivatives, and organonitrogen compounds, each showing varying degrees of enrichment based on their calculated enrichment ratios and statistical significance. Lower–level enrichment was also detected in compound groups such as lactones, piperidines, diazanaphthalenes, coumarins and derivatives, quinolines and derivatives, and phenols, though with more modest enrichment ratios.

In the negative mode, the highest enrichment ratios were observed for non–metal oxoanion compounds, tetracyclines, and furans, each showing strong enrichment and low associated *p*–values (Figure 3B). Additional enriched classes included flavonoids, benzene and substituted derivatives, and organoxygen compounds, which were also significantly represented within the dataset. Moderate enrichment was detected for diarylheptanoids,

furanoid lignans, keto acids and derivatives, and thioethers, while isoflavonoids and phenols exhibited lower but detectable enrichment under negative ionization conditions. In contrast, lipid–related categories such as fatty acyls and prenol lipids showed minimal enrichment.

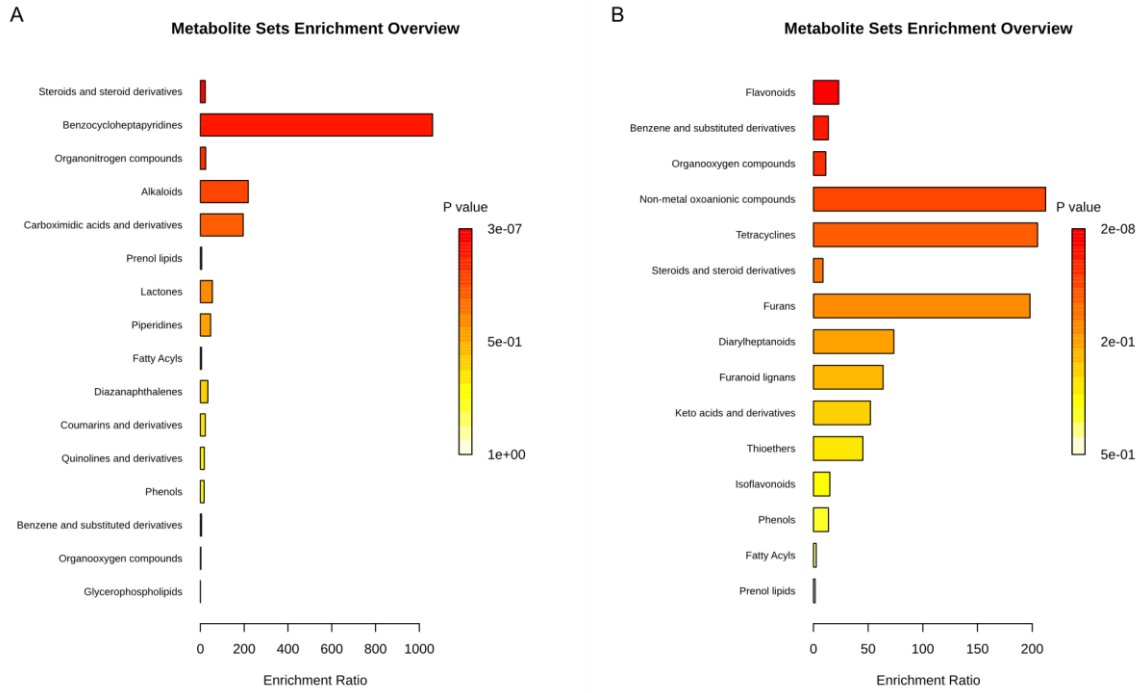


Figure 3: Metabolite set enrichment analyses of metabolites detected in positive (A) and negative (B) electrospray ionization (ESI) modes. Bar plots show enriched chemical classes ranked by enrichment ratio. Color intensity corresponds to adjusted p–values, with darker colors indicating higher statistical significance. Only metabolite classes passing the significance threshold ($p < 0.05$) are displayed.

Discussion and conclusions

This study provides an initial characterization of the chemical composition and biological activities of *Mammea siamensis* (Saraphi) and *Mesua ferrea* (Bunnak) extracts. In this study, DNA barcoding was used to verify the species identity of the plant materials prior to chemical and biological analyses. DNA barcoding relies on sequencing a short, standardized genomic region and comparing it with reference sequences to confirm species–level identity. This approach is particularly important for medicinal plants, where morphological similarities or misidentification can lead to inconsistencies in phytochemical profiles and biological activity. The *matK* region, located in the chloroplast genome, provides sufficient sequence variation to distinguish closely related angiosperms while maintaining high amplification success, making it a reliable marker for plant authentication (Hollingsworth et al., 2011).

Both extracts contained measurable phenolic and flavonoid constituents, with *M. ferrea* demonstrating markedly higher total flavonoid content than *M. siamensis*. This observation is consistent with previous reports indicating that *M. ferrea* tissues, particularly leaves and flowers, are rich sources of secondary metabolites including xanthones, coumarins, flavonoids, and benzophenones (Chaithada et al., 2018). These compound classes are

frequently reported to contribute to antioxidant, antimicrobial, and neuroprotective activities in medicinal plants (Pandey & Rizvi, 2009). In contrast, *M. siamensis* has been primarily associated with coumarin and benzopyran derivatives, which may partially explain the comparatively lower flavonoid abundance (Luo et al., 2023).

The antioxidant capacity measured by the ABTS assay indicated only mild radical scavenging activity at the tested extract concentrations. This suggests that while phenolics and flavonoids are present, they may not be present at sufficiently high concentrations or may be composed of compounds with weaker electron–donating capacity. It is also possible that the antioxidant behavior of the extracts is mechanistically distinct and may operate through cellular modulation rather than direct radical quenching. Such cases are documented for plant extracts containing terpenoids and benzopyran derivatives, which may influence intracellular oxidative stress pathways without strong in vitro free radical scavenging activity (Prior et al., 2005).

Interestingly, none of the extracts showed cytotoxicity toward PC12 neuronal cells; instead, all extracts increased cell viability in a dose–dependent manner. PC12 cells are frequently used as a dopaminergic neuron model for evaluating neuroprotective effects (Greene & Tischler, 1976). The enhancement of cell viability observed here may indicate the presence of phytochemicals with neurotrophic or cytoprotective properties, an observation consistent with previous work showing that prenylated coumarins and xanthones from plants in the Clusiaceae family promote neurite outgrowth and cell survival (Chanmahasathien et al., 2003). This suggests that compounds in these extracts may modulate cellular stress response pathways, although further mechanistic studies are required.

Metabolomic profiling by UHPLC–MS/MS revealed distinct chemical fingerprints for the two species. Enrichment analysis highlighted benzocycloheptapyridines, alkaloids, and steroid derivatives in the positive ionization mode, whereas non–metal oxoanion compounds, tetracyclines, and furans were enriched in the negative mode. These findings indicate that the two species differ not only quantitatively but qualitatively in secondary metabolite composition, a feature that may underlie the observed differences in flavonoid abundance and antioxidant activities. Because full structural identification and pathway interpretation require additional MS/MS verification and possibly nuclear magnetic resonance (NMR), these results are appropriately considered preliminary chemical profiling. However, they provide a meaningful foundation for targeted compound isolation in future work.

Our results suggest that *M. ferrea* possesses a richer flavonoid profile and stronger antioxidant potential compared to *M. siamensis*, while both species contain metabolites associated with neuroprotective bioactivity. The enhancement of neuronal cell viability observed warrants further investigation into specific compound classes, dose–response relationships, and potential molecular mechanisms such as oxidative stress modulation, mitochondrial preservation, or activation of neurotrophic pathways.

Conclusions

This study confirmed the botanical identity of *Mammea siamensis* (Saraphi) and *Mesua ferrea* (Bunnak) and provided preliminary insights into their phytochemical composition and biological activities. Both extracts contained measurable levels of phenolic and flavonoid compounds, with *M. ferrea* exhibiting substantially higher flavonoid content. The extracts demonstrated mild antioxidant capacity and did not exhibit cytotoxicity toward PC12

neuronal cells; instead, they enhanced cell viability in concentrations ranging from 50–200 µg/mL, suggesting potential cytoprotective or neurotrophic effects. UHPLC–MS/MS profiling further revealed distinct metabolite signatures between the two species and indicated enrichment of multiple bioactive compound classes. Together, these findings support the potential value of both plants as sources of neuroactive or health-promoting phytochemicals and provide a foundation for future work aimed at isolating active constituents and elucidating underlying mechanisms of action.

Acknowledgment

The authors would like to express their gratitude to the Science and Technology Academic Service Center, Faculty of Science, Maejo University, for providing research facilities and technical assistance. We also thank the members of the TP Laboratory and the Master Program in Biotechnology for their continuous mental support.

References

Bajad, S., & Shulaev, V. (2007). Highly-parallel metabolomics approaches using LC-MS2 for pharmaceutical and environmental analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 26(6), 625-636.

Betoni, J. E. C., Mantovani, R. P., Barbosa, L. N., Di Stasi, L. C., & Fernandes Junior, A. (2006). Synergism between plant extract and antimicrobial drugs used on *Staphylococcus aureus* diseases. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 101, 387-390.

Chaithada, P., Supapan, J., Rodthuk, P., & Chainarong, S. (2018). Total flavonoids, total phenolic content and antioxidant activity from fruits, leaves, twigs and flowers of *Mesua ferrea* L. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 15(4), 295-304.

Chaniad, P., Chukaew, A., Payaka, A., Phuwajaroanpong, A., Techarang, T., Plirat, W., & Punsawad, C. (2022). Antimalarial potential of compounds isolated from *Mammea siamensis* T. Anders. flowers: *In vitro* and molecular docking studies. *BMC complementary medicine and therapies*, 22(1), 266.

Chanmahasathien, W., Li, Y., Satake, M., Oshima, Y., Ishibashi, M., Ruangrungsi, N., & Ohizumi, Y. (2003). Prenylated xanthones from *Garcinia xanthochymus*. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 51(11), 1332-1334. https://doi.org/10.1248/cpb.51.1332

Clasquin, M. F., Melamud, E., & Rabinowitz, J. D. (2012). LC-MS data processing with MAVEN: A metabolomic analysis and visualization engine. *Current protocols in bioinformatics*, 37(1), 14.11. 11-14.11. 23.

Greene, L. A., & Tischler, A. S. (1976). Establishment of a noradrenergic clonal line of rat adrenal pheochromocytoma cells which respond to nerve growth factor. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 73(7), 2424-2428. https://doi.org/10.1073/pnas.73.7.2424

Hao, Y., Zhang, Z., Luo, E., Yang, J., & Wang, S. (2025). Plant metabolomics: applications and challenges in the era of multi-omics big data. *aBIOTECH*, 6(1), 116-132. https://doi.org/10.1007/s42994-024-00194-0

Hollingsworth, P. M., Graham, S. W., & Little, D. P. (2011). Choosing and using a plant DNA barcode. *PloS one*, 6(5), e19254.

Jalalpure, S. S., Mandavkar, Y. D., Khalure, P. R., Shinde, G. S., Shelar, P. A., & Shah, A. S. (2011). Antiarthritic activity of various extracts of *Mesua ferrea* Linn. seed. *Journal of ethnopharmacology*, 138(3), 700–704.

Luo, F., Manse, Y., Chaipech, S., Pongpiriyadacha, Y., Muraoka, O., & Morikawa, T. (2023). Structures of Mammeasins P and Q, coumarin–related polysubstituted benzofurans, from the Thai medicinal plant *Mammea siamensis* (Miq.) T. Anders.: Anti–proliferative activity of coumarin constituents against human prostate carcinoma cell line LNCaP. *Pharmaceuticals*, 16(2), 231. https://www.mdpi.com/1424–8247/16/2/231

Manse, Y., Sakamoto, Y., Miyachi, T., Nire, M., Hashimoto, Y., Chaipech, S., Pongpiriyadacha, Y., & Morikawa, T. (2022). Antiallergic properties of biflavonoids isolated from the flowers of *Mesua ferrea* Linn. *Separations*, 9(5), 127. https://www.mdpi.com/2297–8739/9/5/127

Najmi, A., Javed, S. A., Al Bratty, M., & Alhazmi, H. A. (2022). Modern approaches in the discovery and development of plant–based natural products and their analogues as potential therapeutic agents. *Molecules*, 27(2). https://doi.org/10.3390/molecules27020349

Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid Med Cell Longev*, 2(5), 270–278. https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498

Panossian, A., Lemerond, T., & Efferth, T. (2024). State–of–the–art review on botanical hybrid preparations in phytomedicine and phytotherapy research: Background and perspectives. *Pharmaceuticals (Basel)*, 17(4). https://doi.org/10.3390/ph17040483

Plekratoke, K., Boonyarat, C., Monthakantirat, O., Nualkaew, N., Wangboonskul, J., Awale, S., Chulikhit, Y., Daodee, S., Khamphukdee, C., Chaiwiwatrakul, S., & Waiwut, P. (2023). The Effect of ethanol extract from *Mesua ferrea* Linn flower on Alzheimer's disease and its underlying mechanism. *Current Issues in Molecular Biology*, 45(5), 4063–4079. https://www.mdpi.com/1467–3045/45/5/259

Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem*, 53(10), 4290–4302. https://doi.org/10.1021/jf0502698

Schenk, J. J., Becklund, L. E., Carey, S. J., & Fabre, P. P. (2023). What is the "modified" CTAB protocol? Characterizing modifications to the CTAB DNA extraction protocol. *Applications in Plant Sciences*, 11(3), e11517.

Seitzer, P., Bennett, B., & Melamud, E. (2022). MAVEN2: An updated open–source mass spectrometry exploration platform. *Metabolites*, 12(8), 684. https://www.mdpi.com/2218–1989/12/8/684

Sitthisuk, P., Poorahong, W., Innajak, S., Krajarng, A., Samosorn, S., & Watanapokasin, R. (2025). *Mammea siamensis* flower extract–induced cell death apoptosis in HCT116 colon cancer cells via vacuolar–type H+–ATPase inhibition associated with GSK–3 β/β–Catenin, PI3 K/Akt/NF–κB, and MAPK signaling pathway. *Pharmaceuticals*, 18(4), 441. https://www.mdpi.com/1424–8247/18/4/441

Suriyaprom, S., Cheepchirasuk, N., Ngamsaard, P., Intachaisri, V., Inta, A., & Tragoolpua, Y. (2025). Thai medicinal flowers as natural antioxidants and antibacterial agents against pathogenic enteric bacteria: A

comparative study of *Mesua ferrea*, *Mammea siamensis*, and *Clitoria ternatea*. *Antibiotics*, 14(10), 1038. https://www.mdpi.com/2079-6382/14/10/1038

Theodoridis, S., Stefanaki, A., Tezcan, M., Aki, C., Kokkini, S., & Vlachonasios, K. E. (2012). DNA barcoding in native plants of the Labiatae (Lamiaceae) family from Chios Island (Greece) and the adjacent Çeşme-Karaburun Peninsula (Turkey). *Mol Ecol Resour*, 12(4), 620-633. https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2012.03129.x

การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีศักยภาพโพรไบโอติกเบื้องต้นจากตัวอย่างปัสสาวะ

Initial Screening of Bacterial Strains from Anonymized Urine Specimens for Probiotic Potential

เวียงพิงค์ ขัดสีแสง[1] พิณญาพร วงค์สามาร[1] ชนิกานต์ สุรณีย์[1] และ ทิพปภา พิสิษฐ์กุล[1,2*]

Wiangping Khutseeseang[1], Pinyaporn Wongsaman[1], Chanikarn Suranee[1] and Tippapha Pisithkul[1,2*]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณสมบัติโพรไบโอติกเบื้องต้นของแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) จากตัวอย่างปัสสาวะที่เก็บโดยไม่ระบุตัวตน ทั้งหมด 12 ไอโซเลท ผ่านการทดสอบความทนต่อกรดและเกลือน้ำดี ผลการทดลองพบว่า 10 ไอโซเลทสามารถรอดชีวิตในสภาวะกรดได้ และ 8 ไอโซเลทรอดชีวิตในสภาวะเกลือน้ำดี แสดงให้เห็นว่า LAB ส่วนใหญ่มีความสามารถในการรอดชีวิตในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของโพรไบโอติก การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อก่อโรคด้วยวิธี agar well diffusion พบว่า LAB แสดงฤทธิ์ยับยั้งแบบอ่อนต่อ *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus hominis*, *Escherichia coli* และ *Salmonella* Typhimurium โดยไม่มี clear zone ชัดเจน สาเหตุอาจมาจากความเข้มข้นของสารยับยั้งต่ำหรือความหนาแน่นของเชื้อสูง ผลการทดลองชี้ว่า LAB ที่ทดสอบมีศักยภาพโพรไบโอติกในระดับเบื้องต้นและอาจต้องปรับสภาวะการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มการผลิตสารออกฤทธิ์ก่อนการประเมินขั้นต่อไป

คำสำคัญ: แบคทีเรียกรดแลกติก, โพรไบโอติก, ความทนต่อกรด, ความทนต่อเกลือน้ำดี, ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรค

Abstract

This study aimed to evaluate the preliminary probiotic properties of lactic acid bacteria (LAB) from anonymized urine specimens. Twelve isolates were tested for acid and bile tolerance. Ten isolates survived acidic conditions, and eight isolates tolerated bile salts, indicating most LAB could survive gastrointestinal–like conditions, a key probiotic characteristic. Antimicrobial activity was assessed using the agar well diffusion assay against *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus hominis*, *Escherichia coli*, and *Salmonella* Typhimurium. LAB exhibited only weak inhibitions, without distinct clear zones, likely due to low inhibitory compound concentration or high pathogen density. These results suggest that the tested LAB possess preliminary probiotic potential and that optimization of cultivation conditions may enhance bioactive compound production for further evaluation.

Keywords: Lactic acid bacteria, probiotics, acid tolerance, bile tolerance, antimicrobial activity

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2] หน่วยความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีชีวภาพพืชสมัยใหม่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2] Unit of Excellence in Modern Plant Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: tpisithkul@gmail.com

บทนำ

โพรไบโอติก (Probiotics) หมายถึงจุลินทรีย์มีชีวิตที่เมื่อบริโภคในปริมาณที่เพียงพอต่อร่างกาย จะส่งผลดีต่อสุขภาพของเจ้าบ้าน (FAO/WHO, 2002). ซึ่งกลุ่มจุลินทรีย์ที่จัดว่าเป็นโพรไบโอติกส่วนใหญ่ ได้แก่แบคทีเรียกรดแลกติก (Lactic acid bacteria; LAB) เช่น *Lactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Levilactobacillus*, และ *Bifidobacterium* ซึ่งมีความสามารถในการผลิตกรดแลกติกและสารเมทาโบไลต์ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค อีกทั้งยังช่วยรักษาสมดุลของจุลชีพในลำไส้ (gut microbiota) และช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Marco et al., 2017). และในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การใช้โพรไบโอติกได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพและลดการพึ่งพาการใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษา โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ การคัดเลือกสายพันธุ์โพรไบโอติกที่มีศักยภาพจากแหล่งธรรมชาติจึงเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจ (Gareau et al., 2010). อีกทั้งแหล่งของแบคทีเรียกรดแลกติกที่มักใช้ในการคัดเลือก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์หมักพื้นบ้าน นมหมัก หรือแหล่งชีวภาพจากระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางจุลชีพสูง (Wang et al., 2022)

การประเมินศักยภาพของจุลินทรีย์ในการเป็นโพรไบโอติก จำเป็นต้องอาศัยการทดสอบเบื้องต้นในหลอดทดลอง (in vitro screening) เพื่อคัดกรองสายพันธุ์ที่สามารถรอดชีวิตและทำงานได้ในสภาวะใกล้เคียงกับระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ การทดสอบสำคัญ ได้แก่ การทนต่อสภาวะกรดและเกลือน้ำดี ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการผ่านกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก นอกจากนี้ การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อก่อโรคยังสะท้อนถึงศักยภาพของแบคทีเรียในการแข่งขันและสร้างสารต้านจุลชีพ (Amenu and Bacha, 2023; Elsaadany et al., 2024)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของแบคทีเรียกรดแลกติก รวมไปถึงการประเมินด้านความปลอดภัยและศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติก โดยมุ่งเน้นการทดสอบการทนต่อกรดและเกลือน้ำดีในสภาวะจำลองของระบบทางเดินอาหาร การประเมินฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรค เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสำหรับการศึกษาต่อไปในขั้นลึกเชิงชีวโมเลกุลหรือการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก รวมถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติก

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

1. เชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกมีความสามารถในการทนกรดและน้ำดีในระดับที่เพียงพอต่อการอยู่รอดในระบบทางเดินอาหาร
2. เชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารบางชนิดได้

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียกรดแลกติก

นำเชื้อแบคทีเรียจากคลังของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MRS (De Man–Rogosa–Sharpe agar) โดยใช้เทคนิค streak plate บ่มทิ้งไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ออกซิเจนต่ำ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกโคโลนีของแบคทีเรียกรดแลกติกที่มีความแตกต่างกันทางสัณฐานวิทยา และเก็บรักษาในกลีเซอรอล 25 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ –80 องศาเซลเซียส

2. การทดสอบแบคทีเรียกรดแลกติกที่มีคุณสมบัติการเป็นโพรไบโอติกเบื้องต้น

2.1 การทดสอบความสามารถในการทนต่อกรด (Acid resistance test) การทดสอบการทนต่อกรดเป็นการจำลองสภาวะเสมือนจริงในทางเดินกระเพาะอาหารเพื่อประเมินการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกในสภาวะที่ทางเดินกระเพาะอาหารมีความเป็นกรด (Amenu and Bacha, 2023) โดยทำการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกในอาหารเหลว MRS จากนั้นบ่มในสภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นทำการล้างตะกอนเซลล์ด้วย phosphate buffered saline (PBS, pH 7.4) 2 ครั้ง ทำการถ่ายเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในอาหารเหลว MRS ที่ pH 3 ที่เติม pepsin ความเข้มข้น 0.3% (W/V) จากนั้นบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะออกซิเจนต่ำ การตรวจนับจำนวนเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกที่รอดชีวิตบนอาหารแข็ง MRS มีการใช้เทคนิค drop plate ของตัวอย่างชั่วโมงที่ 0 และ 3 ร่วมกับนำตัวอย่างตรวจสอบการเจริญเติบโตด้วยเครื่องดูดกลืนแสง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ซึ่งจะใช้อาหารเหลวสูตร MRS เป็น Blank การคำนวณอัตราการรอดชีวิต ใช้สมการ

$$\text{อัตราการรอดชีวิต (survival rate)} = (CFU_{\text{ชั่วโมงที่ 3}}/CFU_{\text{ชั่วโมงที่ 0}}) \times 100$$

2.2 การทดสอบความสามารถในการทนต่อเกลือน้ำดี (Bile salt tolerance test) การทดสอบการทนเกลือน้ำดีเป็นการจำลองสภาวะของลำไส้เพื่อประเมินการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกในลำไส้ในสภาวะที่มีเกลือน้ำดีสูง (Amenu and Bacha, 2023) โดยทำการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกในอาหารเหลว MRS จากนั้นบ่มในสภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที และทำการล้างตะกอนเซลล์ด้วย phosphate buffered saline (PBS, pH 7.4) 2 ครั้ง ทำการถ่ายเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในอาหารเหลว MRS ที่ pH 7 ที่เติม bile salt ความเข้มข้น 0.3% (W/V) จากนั้นบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะไร้ออกซิเจน การตรวจนับจำนวนเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกที่รอดชีวิตบนอาหารแข็ง MRS มีการใช้เทคนิค drop plate ของตัวอย่างชั่วโมงที่ 0 และ 4 ร่วมกับนำตัวอย่างตรวจสอบการเจริญเติบโตด้วยเครื่องดูดกลืนแสง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ซึ่งจะใช้อาหารเหลว MRS เป็น Blank การคำนวณอัตราการรอดชีวิต ใช้สมการ

$$\text{อัตราการรอดชีวิต (survival rate)} = (CFU_{\text{ชั่วโมงที่ 4}}/CFU_{\text{ชั่วโมงที่ 0}}) \times 100$$

2.3 การทดสอบการยับยั้งเชื้อก่อโรค ด้วยวิธี agar well diffusion ซึ่งแบคทีเรียก่อโรคที่นำมาทดสอบคือแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus hominis*, *Escherichia coli* และ *Salmonella* Typhimurium ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร LB ในสภาวะที่มีออกซิเจน อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และในขณะกันได้ทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียกรดแลกติกบนอาหารเหลว de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) ในสภาวะที่ออกซิเจนต่ำ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Amenu and Bacha, 2023; Elsaadany et al., 2024) จากนั้นนำเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกที่คัดแยกด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาจำนวน 6 ไอโซเลท ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 rpm เป็นเวลา 2 นาที เพื่อแยกเซลล์แบคทีเรียออกจากของเหลวเหนือเซลล์ (cell–free supernatant) จากนั้นเก็บ supernatant และกรองผ่าน membrane filter ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร เพื่อกำจัดเซลล์

แบคทีเรียที่หลงเหลืออยู่ และนำไปใช้เป็นสารทดสอบในการยับยั้งเชื้อก่อโรค จากนั้นปรับความเข้มข้นของเชื้อให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) ดังนี้ สำหรับแบคทีเรียก่อโรคปรับให้มีค่า OD_{600} = 0.05–0.10 และสำหรับแบคทีเรียกรดแลกติก ปรับให้มีค่า OD_{600} = 0.20 จากนั้นนำแบคทีเรียก่อโรคที่ปรับความเข้มข้นแล้ว มาป้ายให้ทั่วบนผิวหน้าของอาหาร NA โดยใช้สำลีพันปลายไม้ป้ายให้ทั่วพื้นผิวของจานเพาะเชื้อ ต่อมาจึงทำการเจาะหลุมบนผิววุ้นให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6–8 มิลลิเมตร จากนั้นนำแบคทีเรียกรดแลกติก โดยมียาปฏิชีวนะ chloramphenicol เป็นตัวทดสอบเชิงบวก และน้ำที่ผานการฆ่าเชื้อแล้ว เป็นตัวทดสอบเชิงลบ เติมลงในแต่ละหลุมในปริมาตร 50 ไมโครลิตร จากนั้นรอให้สารซึมเข้าสู่วุ้นอย่างสม่ำเสมอ แล้วนำไปบ่มในตู้อบในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง หลังการบ่ม ให้ทำการสังเกตและวัดขนาดของบริเวณที่ไม่มีการเจริญของเชื้อ (inhibition zone) รอบหลุมทดสอบ โดยใช้ไม้บรรทัด หรือ เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นหน่วยมิลลิเมตร (mm) และบันทึกผล

ผลการศึกษาและอธิปรายผล

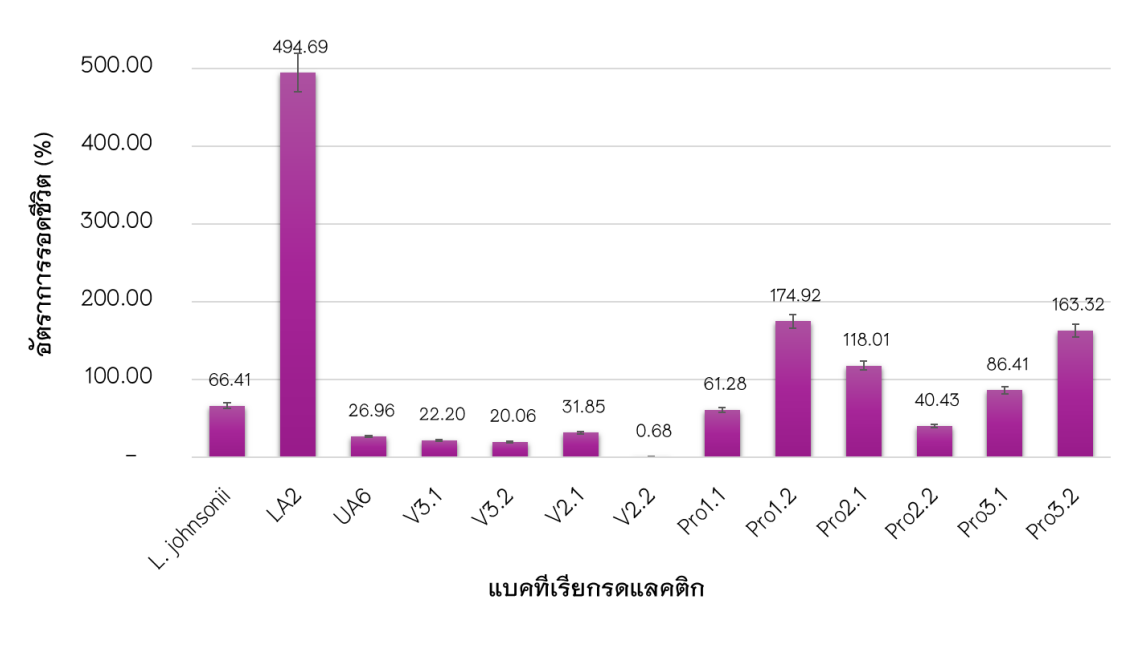
การทดสอบแบคทีเรียกรดแลกติกที่มีคุณสมบัติการเป็นโพรไบโอติกเบื้องต้น

จากการที่นำตัวอย่างแบคทีเรียกรดแลกติกที่มีอยู่ก่อนแล้วในห้องปฏิบัติการ พบว่าสามารถแยกแบคทีเรียกรดแลกติกได้ทั้งสิ้น 12 ไอโซเลท จากนั้นจึงทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นโพรไบโอติกในประเด็นต่าง ๆ โดยมีผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

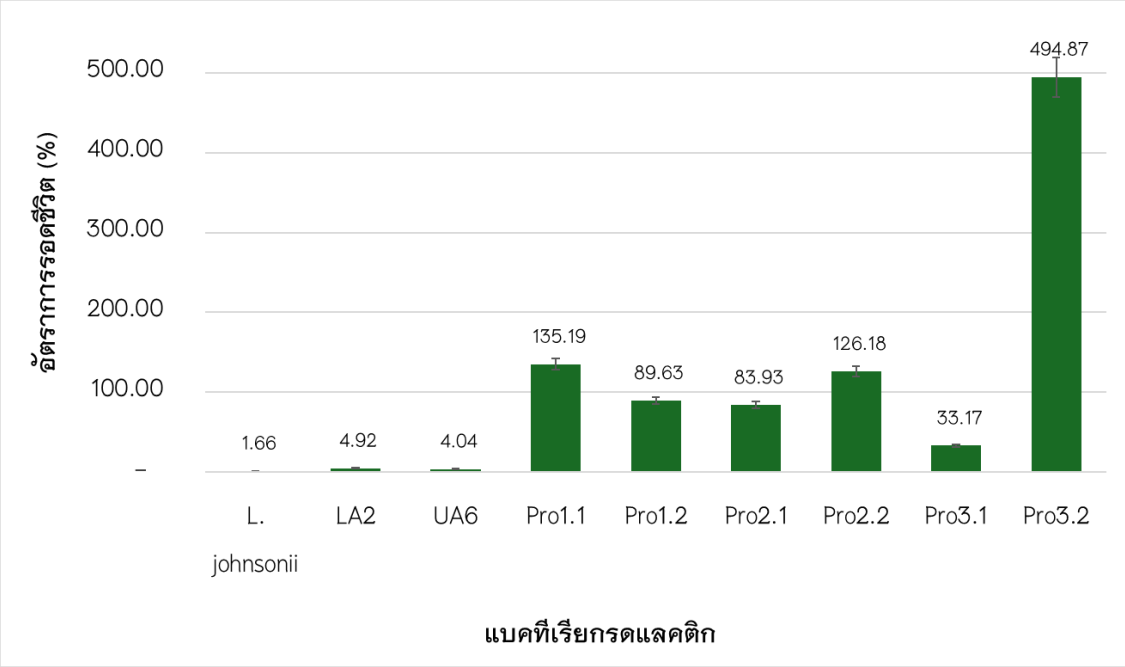
การทดสอบความทนต่อกรดเป็นการประเมินการรอดชีวิตในสภาวะจำลองของระบบทางเดินอาหารของแบคทีเรียกรดแลกติก ซึ่งพิจารณาจากอัตราการรอดชีวิตที่ ร้อยละ 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จากการทดสอบพบว่ามีเพียงแบคทีเรียกรดแลกติก 10 ไอโซเลท ที่มีอัตราการรอดชีวิตในระบบทางเดินอาหารจากทั้งหมด 12 ไอโซเลท ดังแสดงใน **ภาพที่ 1** ต่อมาจึงทำการทดสอบความทนต่อเกลือน้ำดีเพิ่มเติม เนื่องจากเป็นการประเมินการรอดชีวิตในสภาวะที่ใกล้เคียงกับสภาวะจริงในลำไส้ของแบคทีเรียกรดแลกติก ซึ่งพิจารณาจากอัตราการรอดชีวิตที่ ร้อยละ 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จากการทดสอบพบว่ามีเพียงแบคทีเรียกรดแลกติก 8 ไอโซเลท ที่มีอัตราการรอดชีวิตในลำไส้จากทั้งหมด 12 ไอโซเลท ดังแสดงใน**ภาพที่ 2** จากผลการทดสอบพบว่า แบคทีเรียกรดแลกติกส่วนใหญ่มีความสามารถในการทนต่อกรดและเกลือน้ำดีในระดับที่เพียงพอต่อการอยู่รอดในสภาวะจำลองของระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก การที่เชื้อสามารถทนต่อกรดได้ดี แสดงถึงศักยภาพในการผ่านกระเพาะอาหารซึ่งมีค่า pH ต่ำได้ ส่วนความสามารถในการทนต่อเกลือน้ำดีสะท้อนถึงความสามารถในการดำรงชีวิตและเพิ่มจำนวนในลำไส้เล็กซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเข้มข้นของน้ำดีสูง (Begley et al., 2006) นอกจากนี้ การที่บางไอโซเลทไม่สามารถทนต่อกรดหรือน้ำดีได้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของชนิดสายพันธุ์ กลไกการปรับตัวภายในเซลล์ หรือระดับการแสดงออกของเอนไซม์ bile salt hydrolase (BSH) ที่มีบทบาทในการลดความเป็นพิษของเกลือน้ำดี (Papadimitriou et al., 2016)

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อก่อโรคของแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) ด้วยวิธี agar well diffusion assay พบว่า LAB ที่ใช้ไม่สามารถสร้างบริเวณยับยั้งการเจริญ (clear zone) ได้อย่างชัดเจนต่อเชื้อก่อโรคทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus hominis*, *Escherichia coli* และ *Salmonella* Typhimurium ดังแสดงในตารางที่ 1 แต่บริเวณรอบหลุมมีการเจริญของเชื้อบางลง ซึ่งอาจแสดงถึงฤทธิ์การยับยั้งแบบอ่อน (partial inhibition) มากกว่าการยับยั้งโดยสมบูรณ์ ผลดังกล่าวอาจเกิดจากความเข้มข้นของ LAB หรือสารยับยั้งที่ผลิตได้มีระดับต่ำเกินไปที่จะก่อให้เกิด clear zone ชัดเจน รวมถึงความหนาแน่นของเชื้อก่อโรคที่ใช้ในการทดสอบอาจสูงเกินไป ทำให้สารยับยั้ง

แพร่เข้าสู่ agar ได้ไม่เพียงพอ (Mahmood Mahdy et al., 2023) นอกจากนี้ ความแตกต่างด้านโครงสร้างผนังเซลล์ของเชื้อก่อโรคยังมีผลต่อความไวต่อสารยับยั้ง โดยเชื้อ Gram-negative อย่าง *Escherichia coli* และ *Salmonella* Typhimurium มักทนต่อกรดอินทรีย์และแบคเทอริโอซินได้ดีกว่า เนื่องจากมีชั้นเยื่อหุ้มภายนอกที่เป็นอุปสรรคต่อการแพร่ของสารออกฤทธิ์ (Sanam et al., 2022) ขณะที่เชื้อ Gram-positive เช่น *Staphylococcus* spp. มักไวต่อสารเหล่านี้มากกว่า การไม่พบ clear zone จึงอาจสะท้อนว่า LAB ที่ใช้ยังไม่ผลิตสารยับยั้งในระดับที่เพียงพอ หรือมีการผลิตเฉพาะภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงบางแบบเท่านั้น (Wang et al., 2024) สำหรับผลการใช้ยาปฏิชีวนะ chloramphenicol พบว่าสามารถยับยั้ง *Escherichia coli* ได้เพียงชนิดเดียว ส่วนเชื้ออื่นไม่ตอบสนอง อาจเกิดจากความแตกต่างของความไวต่อยาหรือการดื้อยา ซึ่งมีรายงานว่า *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* Typhimurium บางสายพันธุ์มีความดื้อต่อยา chloramphenicol ในอัตราสูง (Al-Hashimy et al., 2022) ซึ่งการทดลองชี้ว่า LAB ที่ทดสอบมีฤทธิ์ต้านเชื้อก่อโรคในระดับอ่อน และอาจต้องปรับสภาวะการเพาะเลี้ยง เช่น pH หรือชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อกระตุ้นการผลิตสารออกฤทธิ์ให้มากขึ้นก่อนนำไปประเมินศักยภาพในขั้นต่อไป



ภาพที่ 1 การทดสอบความสามารถในการทนต่อกรดของแบคทีเรียกรดแลกติก

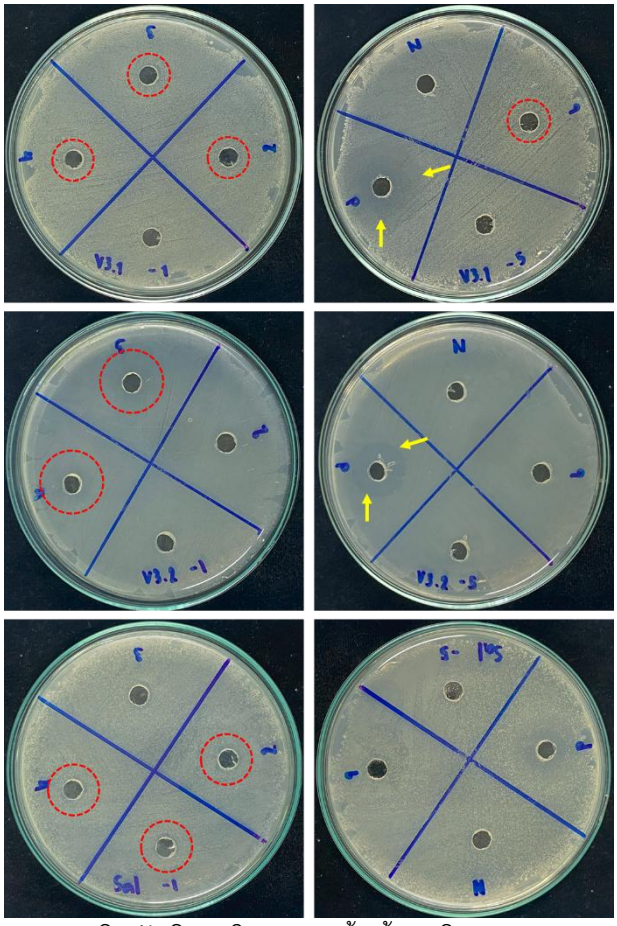


ภาพที่ 2 การทดสอบความสามารถในการทนต่อเกลือน้ำดีของแบคทีเรียกรดแลกติก

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของเชื้อกรดแลกติกโดยวิธี agar well diffusion assay

ลำดับที่	ชื่อตัวอย่าง	Antimicrobial activity (supernatant) mm.				
		Staphylococcus aureus	*S. hominis*	*Salmonella* Typhimurium	*Escherichia coli* V3.1	*Escherichia coli* V3.2
1	Pro 1.1	–	–	PI	–	–
2	Pro 1.2	–	–	PI	PI	–
3	Pro 2.1	–	–	–	PI	PI
4	Pro 2.2	–	–	PI	PI	PI
5	Pro 3.1	–	–	–	–	–
6	Pro 3.2	–	–	–	PI	–
7	chloramphenicol	–	–	PI	20	18

หมายเหตุ: "–" หมายถึง ไม่มีโซนยับยั้งที่ตรวจพบ; PI = partial inhibition



ภาพที่ 3 ฤทธิ์ของ supernatant จากโพรไบโอติกในการยับยั้งเชื้อก่อโรคบางสายพันธุ์ ประเมินจากวิธี agar well diffusion assay วงกลมสีแดงแสดง partial inhibition ซึ่งโคโลนีเจริญช้าลง ส่วนลูกศรสีเหลืองแสดงบริเวณ clear zone

สรุปผล

จากการทดสอบคุณสมบัติการเป็นโพรไบโอติกเบื้องต้นของแบคทีเรียกรดแลกติก (LAB) ที่แยกได้จำนวน 12 ไอโซเลท พบว่า ความทนต่อกรด LAB จำนวน 10 ไอโซเลทสามารถทนต่อสภาวะกรดจำลองของกระเพาะอาหารได้ โดยมีอัตราการรอดชีวิตมากกว่าร้อยละ 20 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการผ่านสภาวะกรดในกระเพาะอาหาร ความทนต่อเกลือน้ำดี LAB จำนวน 8 ไอโซเลทสามารถทนต่อเกลือน้ำดีได้ในระดับที่เพียงพอ แสดงถึงความสามารถในการอยู่รอดในลำไส้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก และฤทธิ์ต้านเชื้อก่อโรค จากการทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion assay พบว่า LAB ทุกไอโซเลทยังไม่สามารถสร้างบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคได้อย่างชัดเจน แต่บางส่วนมีการยับยั้งแบบอ่อน (partial inhibition) ต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus, Staphylococcus hominis, Escherichia coli และ Salmonella* Typhimurium ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่า แบคทีเรียกรดแลกติกที่ศึกษามีศักยภาพความเป็นโพรไบโอติกบางส่วน โดยเฉพาะในด้านการทนต่อกรดและเกลือน้ำดี แต่ยังต้องปรับสภาวะการเพาะเลี้ยง เช่น ค่า pH หรือชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อกระตุ้นการสร้างสารยับยั้งเชื้อก่อโรคให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นก่อนนำไปประเมินศักยภาพเชิงลึก เช่น ความปลอดภัย ความไวต่อยาปฏิชีวนะ และการยึดเกาะกับผนังลำไส้/เซลล์เยื่อบุผิวของมนุษย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอแสดงความขอบคุณศูนย์บริการวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนด้านสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการวิจัยและความช่วยเหลือทางเทคนิค ขอขอบคุณบุคลากรของห้องปฏิบัติการ TP และหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สำหรับการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

Al-Hashimy, Z. S., Conway, B. R., Al-Yaqoobi, M., Khamis, F., Al Mawali, G. Z., Al Maashani, A. M., Al Hadhrami, Y. S., Al Alawi, S. S., Al Mamari, M. S. & Lattyak, W. J. (2022). Identifying Targets for Antibiotic Use for the Management of Carbapenem-Resistant Acinetobacter baumannii (CRAb) in Hospitals—A Multi-Centre Nonlinear Time-Series Study. **Antibiotics**, 11(6), 775.

Amenu, D. & Bacha, K. (2023). Probiotic potential and safety analysis of lactic acid bacteria isolated from Ethiopian traditional fermented foods and beverages. **Annals of Microbiology**, 73(1), 37.

Begley, M., Hill, C. & Gahan, C. G. (2006). Bile salt hydrolase activity in probiotics. **Applied and environmental microbiology**, 72(3), 1729-1738.

Elsaadany, K., El-Sayed, A. I. & Awad, S. (2024). Identification, Safety Assessment, and Antimicrobial Characteristics of Cocci Lactic Acid Bacteria Isolated from Traditional Egyptian Dairy Products. **Foods**, 13(19), 3059.

FAO/WHO. (2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food,(2002). **Recuperado de: ftp://ftp. fao. org/es/esn/food/wgreport2. pdf**.

Gareau, M. G., Sherman, P. M. & Walker, W. A. (2010). Probiotics and the gut microbiota in intestinal health and disease. **Nature reviews Gastroenterology & hepatology**, 7(9), 503-514.

Mahmood Mahdy, D., Nazar Mahmood, N. & Shawkat Ali, W. (2023). Antagonistic Activity of Bacteriocin-Producing Lactobacillus Local Isolates Against Select Pathogenic Bacterial Strains. **Iranian Journal of Medical Microbiology**, 17(4), 432-440.

Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., Gänzle, M., Kort, R., Pasin, G. & Pihlanto, A. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. **Current opinion in biotechnology**, 44(94-102.

Papadimitriou, K., Alegría, Á., Bron, P. A., De Angelis, M., Gobbetti, M., Kleerebezem, M., Lemos, J. A., Linares, D. M., Ross, P. & Stanton, C. (2016). Stress physiology of lactic acid bacteria. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, 80(3), 837-890.

Sanam, M. U., Detha, A. I. & Rohi, N. K. (2022). Detection of antibacterial activity of lactic acid bacteria, isolated from Sumba mare's milk, against Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, and Escherichia coli. **Journal of Advanced Veterinary and Animal Research**, 9(1), 53.

Wang, J.-B., Yu, L.-Y., Zeng, X., Zheng, J.-W., Wang, B. & Pan, L. (2022). Screening of probiotics with efficient α-glucosidase inhibitory ability and study on the structure and function of its extracellular polysaccharide. **Food Bioscience**, 45(101452.

Wang, W., Dong, H., Chen, Q., Chang, X., Wang, L., Miao, C., Chen, S., Chen, L., Wang, R. & Ge, S. (2024). Antibacterial Efficacy of Feline-Derived Lactic Acid Bacteria against Enteropathogenic Escherichia coli: A Comprehensive In Vitro Analysis. **Fermentation**, 10(10), 514.

การแยกและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของแบคทีเรียจากเกสรหมักผึ้ง

Isolation and antibacterial activity of bacteria from bee bread

เกศกนก ปิดตาระโพธิ์[1] จิดาภา เตโชพัฒนชัย[2] ณัฐวดี สุทธนู[2] ทิพย์วรรณ สรรพสัตย์[1] และ วิภาศิริ สุนทรชัย[1,2*]

Ketkanok Pidtarapho[1], Jidapa Techopattanachai[2], Nathawadee Suthanoo[2], Tipwan Suppasat[1], Wipasiri Soonthornchai[1,2*]

บทคัดย่อ

เกสรหมักผึ้งของผึ้งโพรงไทย (*Apis cerana*) เป็นแหล่งจุลินทรีย์หลากหลายชนิดที่มีศักยภาพในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะสารต้านจุลชีพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกและระบุชนิดของแบคทีเรียจากเกสรหมักผึ้ง รวมทั้งประเมินความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในสัตว์น้ำ ได้แก่ *Streptococcus agalactiae* และ *Aeromonas veronii* จากตัวอย่างเกสรหมักผึ้งจำนวน 11 ตัวอย่าง พบแบคทีเรียทั้งหมด 221 ไอโซเลต โดยมีเพียง 11 ไอโซเลต (ร้อยละ4.98) ที่แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรคอย่างชัดเจน แบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นแกรมบวก และผลการทดสอบการสลายเม็ดเลือดแดงพบทั้งแบบเบตาและแกมมา จากผลการวิเคราะห์ลำดับยีน 16S rRNA พบว่าไอโซเลตที่มีฤทธิ์ยับยั้งส่วนใหญ่จัดอยู่ในสกุล *Bacillus* (7 ไอโซเลต) รองลงมา คือ *Calidifontibacillus* (2 ไอโซเลต) *Pantoea* (1 ไอโซเลต)และ *Niallia* (1 ไอโซเลต) ซึ่งเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่มีรายงานด้านการผลิตสารต้านจุลชีพ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเกสรหมักผึ้งเป็นแหล่งทรัพยากรทางชีวภาพธรรมชาติที่มีศักยภาพสูงสำหรับการค้นหาจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติต้านแบคทีเรีย และอาจนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารชีวภาพหรือโพรไบโอติกส์ เพื่อลดการพึ่งพายาปฏิชีวนะ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาความปลอดภัยและประสิทธิภาพเพิ่มเติมก่อนการนำไปใช้จริง

คำสำคัญ: เกสรหมักผึ้ง, แบคทีเรียต้านจุลชีพ, ผึ้งโพรงไทย, *Aeromonas veronii*, *Streptococcus agalactiae*

Abstract

Bee bread from Asian honeybees (*Apis cerana*) contains diverse microorganisms that produce bioactive compounds with antimicrobial properties. This study aimed to isolate and identify bacteria from fermented bee bread and evaluate their antibacterial activity against two major fish pathogens, *Streptococcus agalactiae* and *Aeromonas veronii*. A total of 221 bacterial isolates were obtained from 11 bee bread samples, of which 11 isolates (4.98%) exhibited inhibitory effects against at least one pathogen. Most antagonistic isolates showed activity against *S. agalactiae*, while fewer inhibited *A. veronii*. Gram staining revealed that the majority of isolates were Gram–positive, and hemolysis tests indicated that isolates displayed either gamma or beta

[1] หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000 ประเทศไทย

[2] โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000 ประเทศไทย

[1] Program in Biology, School of Science, University of Phayao, Phayao 56000 Thailand

[2] Demonstration School, University of Phayao, Phayao 56000 Thailand

*Corresponding author : wipasiri.so@up.ac.th

hemolysis. Molecular identification based on 16S rRNA gene sequencing showed that the antagonistic bacteria predominantly belonged to the genus *Bacillus* (n = 7), followed by *Calidifontibacillus* (n = 2), *Pantoea* (n = 1) and *Niallia* (n = 1). These genera, particularly *Bacillus*, are known for producing antimicrobial substances. The findings indicate that fermented bee bread of *A. cerana* serves as a promising natural source of bacteria with antibacterial potential. The isolates may be further developed as natural antimicrobial agents or probiotics for reducing the utilization of antibiotics, though additional research is required to assess their safety and practical applications.

Keywords: bee bread, antibacterial activity, *Apis cerana*, *Aeromonas veronii*, *Streptococcus agalactiae*

บทนำ

จุลินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติถือว่าเป็นทรัพยากรชีวภาพที่สำคัญที่มีศักยภาพในการสร้างสารชีวภาพที่มีประโยชน์หลากหลาย เช่น สารต้านจุลชีพ เอนไซม์ และสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากผลิตภัณฑ์ของผึ้งซึ่งอุดมไปด้วยสารอาหารและจุลินทรีย์ที่มีบทบาททางชีวภาพ (Didaras et al., 2024; Pełka et al., 2021) หนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ คือ เกสรหมักผึ้ง (Bee Bread) ซึ่งเป็นอาหารหลักของผึ้ง โดยเกิดจากผึ้งเก็บเกสรดอกไม้มาผสมกับน้ำผึ้ง และเอนไซม์ภายในหลอดรวงผึ้ง แล้วเกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ธรรมชาติ ที่ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าเกสรดอกไม้ทั่วไป ทั้งในด้านโปรตีน วิตามิน กรดอะมิโน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Didaras et al., 2021; Mohammad et al., 2020) จุลินทรีย์ที่พบได้บ่อย ได้แก่ แบคทีเรียสกุล *Bacillus* เป็นต้น โดยพบรายงานว่ามีความสามารถในการสร้างสารชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านต้านจุลชีพ (Didaras et al., 2024) จากงานวิจัยของ Pełka et al. (2021) รายงานว่าแบคทีเรีย 81 ไอโซเลต ที่คัดแยกได้จากเกสรหมักผึ้งและเกสรผึ้ง พบว่า 34 ไอโซเลต แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคหลายชนิด เช่น *Staphylococcus aureus Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* โดยเฉพาะสายพันธุ์ในสกุล *Bacillus* ได้แก่ *B. pumilus B. subtilis B. licheniformis* และ *B. safensis* ที่สามารถสร้างสารต้านจุลชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการผลิตสาร เช่น แบคเทอริโอซิน (bacteriocins) กรดอินทรีย์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคได้หลายชนิด (Didaras et al., 2024) โดยการค้นคว้าเกี่ยวกับจุลินทรีย์จากเกสรหมักผึ้งที่มีศักยภาพดังกล่าวจึงมีความสำคัญต่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และการพัฒนาอาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เชื้อแบคทีเรีย *Streptocoocus agalactiae* และ *Aeromonas veronii* เป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรค และเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคในปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่น ๆ *S. agalactiae* เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่ทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบประสาทและมีอัตราการตายสูงถึง 30 – 100% ในปลานิล (He et al., 2018; van Doan et al., 2022) และแพร่ระบาดในหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย โดยเฉพาะในฟาร์มปลานิลที่มีความหนาแน่นของการเลี้ยงสูงและอุณหภูมิน้ำสูง (Abdallah et al., 2024) นอกจากนี้ มีรายงานการติดเชื้อในฟาร์มกบ *Rana catesbeiana* ในมณฑลไห่หนาน ประเทศจีน ส่งผลให้อัตราการตายในบ่อสูงถึง 60% และก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมาก (Di et al., 2022) ในขณะที่ *A. veronii* เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่สามารถก่อโรคในสัตว์น้ำหลายชนิด ทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารและบาดแผลภายนอก (Tekedar et al., 2020; Nascimento et al., 2024) มีการระบาดของเชื้อชนิดนี้ในฟาร์มเลี้ยงปลานิลประเทศบราซิล ซึ่งส่งผลให้สูญเสียปลาจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น ทั้งนี้เชื้อ *A. veronii* ยังมีความดื้อต่อยาหลายกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่ม β–lactam และ fluoroquinolone (dos Santos et al., 2023) ส่งผลให้การควบคุมโรคด้วยยาปฏิชีวนะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก

ปัจจุบันปัญหาการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียเป็นประเด็นสำคัญในระบบสุขภาพและอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การใช้จุลินทรีย์หรือสารชีวภาพจากแหล่งธรรมชาติที่ปลอดภัยจึงเป็นแนวทางทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม รายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์จากเกสรหมักผึ้งของผึ้งโพรงไทย (*Apis cerana*) ยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกและระบุชนิดของแบคทีเรียจากเกสรหมักผึ้ง รวมทั้งทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรค *S. agalactiae* และ *A. veronii* เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารต้านจุลชีพธรรมชาติในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. ประเมินความสามารถของแบคทีเรียที่คัดแยกได้ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ *S. agalactiae* และ *A. veronii*
2. ระบุชนิดของแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการยับเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

จุลินทรีย์จากเกสรหมักผึ้งเป็นแหล่งทรัพยากรชีวภาพที่สามารถสร้างสารชีวภาพ เช่น แบคทีเรียซิน กรดอินทรีย์ และเอนไซม์ ซึ่งมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ โดยเฉพาะแบคทีเรียสกุล *Bacillus* อาจยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในปลานิล (*S. agalactiae* และ *A. veronii*) ได้ ดังนั้น จึงคาดว่าแบคทีเรียจากเกสรหมักผึ้งมีความสามารถสร้างสารต้านจุลชีพสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคดังกล่าว และสายพันธุ์บางชนิดมีศักยภาพเพียงพอในการนำไปใช้เป็นสารต้านจุลชีพธรรมชาติในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

วิธีวิทยาการวิจัย

1. ตัวอย่างและการคัดแยกเชื้อแบคทีเรีย

เก็บตัวอย่างเกสรหมักผึ้งของผึ้งโพรงจากรวงรังผึ้ง โดยใช้ปากคีบปลายแหลมที่ปลอดเชื้อดึงเกสรหมักผึ้งออกจากเซลล์ของรวงรังผึ้ง รังละ 1 ตัวอย่าง ทั้งหมด 11 ตัวอย่าง และนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว (Tryptone Soya Broth; TSB, HiMedia, India) (1 กรัม/มิลลิลิตร) ทำการเพาะเลี้ยงโดยวิธีการทำให้เชื้อกระจายในจานเพาะเชื้อ (spread plate) ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง (Tryptone Soya Agar; TSA, HiMedia, India) หลังจากนั้นปิดโดยพาราฟิล์ม และบ่มแบบใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 – 24 ชั่วโมง และทำการเก็บโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA เพื่อใช้ทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคต่อไป

2. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค นำเชื้อ *S. agalactiae* และ *A. veronii* (ได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.เอกพล วังคะฮาต) จากสต็อกมาเขี่ยในอาหาร TSA เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว และนำโคโลนีเดี่ยวเลี้ยงในอาหาร TSB ปริมาตร 3 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 – 24 ชั่วโมง เขย่าที่ 250 rpm หลังจากนั้นปรับความเข้มข้นให้มีค่าเท่ากับ (OD = 1) ใช้ไม้พันสำลีปลอดเชื้อจุ่มเชื้อที่ทดสอบมาป้าย (swab) ลงบนจานอาหาร TSA ให้ทั่ว จากนั้นนำเชื้อแบคทีเรียจากเกสรหมักผึ้งที่คัดแยกได้มาถ่ายเชื้อลงบนอาหาร TSA ที่มีเชื้อที่ทดสอบโดยใช้เทคนิค Dual Streak Method บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด TSA ปิดด้วยพาราฟิล์มและ

บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 – 24 ชั่วโมง สังเกตการเกิดวงใส (clear zone) รอบโคโลนีเพื่อประเมินฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรค

3. การทดสอบการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

นำแบคทีเรียที่คัดแยกจากเกสรหมักผึ้งที่มีคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค มาเพาะเลี้ยงลงบนจานอาหารแข็ง Sheep Blood Agar (M&P impex, Thailand) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 – 24 ชั่วโมง นำจานเพาะเชื้อออกมาและตรวจสอบปฏิกิริยาการสลายเม็ดเลือดแดงโดยพิจารณาบริเวณรอบโคโลนีของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียที่ไม่มีวงใสรอบโคโลนีหรือไม่มีการสลายเม็ดเลือดแดง จำแนกเป็น Gamma haemolysis (γ) แบคทีเรียที่เกิดวงใสสีเขียวรอบโคโลนีของแบคทีเรีย จำแนกเป็น Alpha haemolysis (α) และ แบคทีเรียที่มีการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงแบบสมบูรณ์เกิดวงใสสีเหลืองรอบโคโลนี จำแนกเป็น Beta haemolysis (β)

4. การย้อมแกรม (Gram–staining)

ทำการย้อมแกรมตามวิธีมาตรฐานของ Gram (1884) โดยใช้น้ำยาชุดสำเร็จรูปจากบริษัท อาร์ วี แอล ซัพพลาย (ประเทศไทย) เริ่มจากการเตรียมสเมียร์เชื้อบนแผ่นสไลด์ ปล่อยให้แห้งในอากาศและผ่านเปลวไฟเพื่อยึดเซลล์ จากนั้นย้อมด้วย Crystal violet 1 นาที ล้างน้ำ เติม Iodine 1 นาที ล้างและฟอกสีด้วย Decolorizer 10 – 30 วินาที ล้างน้ำ แล้วทำการย้อมด้วย Safranin 30 – 60 วินาที ล้างและซับให้แห้ง จากนั้นหยด immersion oil และสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ 100× เพื่อจำแนกแกรมของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียที่ติดสีม่วงจัดเป็นแกรมบวก (Gram–positive) และแบคทีเรียที่ติดสีชมพูหรือแดงเป็นแกรมลบ (Gram–negative)

5. การระบุชนิดของแบคทีเรีย

การระบุชนิดของแบคทีเรียที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ดำเนินการโดยการสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุด GF–1 Bacterial DNA Extraction Kit (Vivantis, Malaysia) ตามคำแนะนำของผู้ผลิต และการขยายยีน 16S rRNA ของแบคทีเรียโดยใช้ universal primers คือ 8Fm (5'–AGAGTTTGATCCTGGCTCAG–3') และ 1492R (5'–GGTTACCTTGTTACGACTT–3') (Chaiyapechara et al., 2013) ส่วนประกอบของปฏิกิริยาพีซีอาร์โดยใช้ชุด *Taq* DNA Polymerase, recombinant Kit (Invitrogen™, USA) และสภาวะของพีซีอาร์เป็นไปตามที่กำหนด ตรวจสอบผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ด้วย 1.2% agarose gel electrophoresis ซึ่งผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ที่ได้มีขนาดประมาณ 1.5 กิโลเบส (kb) และทำความสะอาดผลิตภัณฑ์พีซีอาร์โดยใช้ชุด GF–1 AmbiClean Kit (Vivantis, Malaysia) ตามคำแนะนำของผู้ผลิต ส่งตัวอย่าง DNA ที่ทำความสะอาดแล้วเพื่อหาลำดับของนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA โดยบริษัทเอทีจีซี จำกัด (ปทุมธานี, ประเทศไทย) จากนั้นวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของลำดับกับฐานข้อมูลนิวคลีโอไทด์ด้วยโปรแกรม Nucleotide BLAST (Nucleotide Basic Local Alignment Search Tool; BLASTN) โดยใช้ 16S ribosomal RNA sequences (Bacteria and Archaea) database (วันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2568) และจำแนกชนิดของแบคทีเรียตามเปอร์เซ็นต์ความเหมือน (% identity) โดยถ้าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 99% จะจัดจำแนกเป็นระดับชนิด (species) ในขณะที่หากมีค่าน้อยกว่า 99% จะจัดจำแนกเป็นระดับสกุล (genus) หลังจากนั้น ศึกษาความสัมพันธ์ของแบคทีเรียโดยการสร้างแผนภูมิสายวิวัฒนาการ (phylogenetic tree) ใช้ลำดับ 16S rRNA โดยการจัดเรียงลำดับหลายลำดับ (Multiple alignment) โดย ClustalW และ ใช้วิธี neighbor joining โดยโปรแกรม MEGA 12

ผลการศึกษา

1. ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค

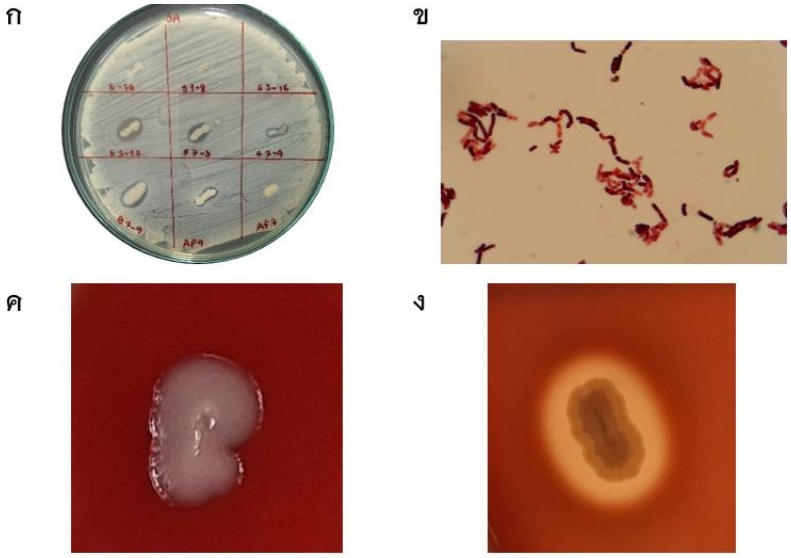
การคัดแยกแบคทีเรียจากเกสรหมักผึ้งจากผึ้งโพรงทั้ง 11 ตัวอย่าง ได้เชื้อแบคทีเรียจากเกสรหมักผึ้งทั้งหมด 221 ไอโซเลต ในจำนวนนี้ไอโซเลตที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ *S. agalactiae* (แบคทีเรียแกรม) และ *A. veronii* (แบคทีเรียแกรมลบ) ทั้งหมด 11 ไอโซเลต (4.98%) (ตารางที่ 1) โดยความสามารถในการยับยั้งจะพิจารณาจากบริเวณวงใสรอบโคโลนี ซึ่งบ่งชี้ถึงฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคของแบคเรียที่ที่คัดแยกได้จากเกสรหมักผึ้ง (ภาพที่ 1ก) โดยวัดจากขอบของโคโลนีของไอโซเลตที่ทำการศึกษา โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกระดับของความสามารถในการยับยั้งมีดังนี้ มาก > 3 มิลลิเมตร; ปานกลางอยู่ในช่วง 1 – 3 มิลลิเมตร; น้อย ≤ 1 มิลลิเมตร และไม่มีการยับยั้ง

ตารางที่ 1 การความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค

รหัสไอโซเลต	ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค	
	Aeromonas veronii	*Streptococcus agalactige*
Ac2–3	+	–
Ac2–13	+	–
Ac2–23	–	+++
Ac2–43	++	–
Ac3–2	+	–
Ac3–23	+	–
Ac3–24	–	+
Ac6–18	–	++
Ac10–3	–	+
Ac10–4	–	+
Ac10–9	–	+

2. การทดสอบแกรมและการย่อยสลายเม็ดเลือดแดง

การย้อมทดสอบแกรม (Gram staining) เป็นการทดสอบว่าจัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive) หรือแกรมลบ (Gram negative) แบคทีเรียที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคเกือบทั้งหมดเป็นแกรมบวก (ภาพที่ 1ข) ยกเว้นสายพันธุ์ Ac2–23 พบว่าเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (ตารางที่ 2) และการศึกษาปฏิกิริยาการสลายเม็ดเลือดแดง (Hemolysis reaction) โดยการเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหาร Sheep Blood Agar ของแบคทีเรียทั้ง 11 ไอโซเลต พบว่าแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็น Gamma haemolysis จำนวน 5 ไฮโซเลต (ภาพที่ 1ค) แบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็น Beta haemolysis จำนวน 6 ไฮโซเลต (ภาพที่ 1ง) และไม่พบแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็น Alpha haemolysis (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 1 (ก) ความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค (ข) แกรมของแบคทีเรีย (ค) การสลายเม็ดเลือดแดงแบบ Gamma haemolysis (ง) การสลายเม็ดเลือดแดงแบบ Beta haemolysis

ตารางที่ 2 ไอโซเลตที่ยับยั้งได้ย่อยสลายและการทดสอบแกรม

รหัสไอโซเลต	การย้อมทดสอบแกรม	ปฏิกิริยาการสลายเม็ดเลือดแดง
Ac2-3	แกรมบวก	β
Ac2-13	แกรมบวก	β
Ac3-2	แกรมบวก	β
Ac6-18	แกรมบวก	β
Ac10-3	แกรมบวก	β
Ac10-9	แกรมบวก	β
Ac2-23	แกรมลบ	ϒ
Ac2-43	แกรมบวก	ϒ
Ac3-23	แกรมบวก	ϒ
Ac3-24	แกรมบวก	ϒ
Ac10-4	แกรมบวก	ϒ

3. ชนิดของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค

การจัดจำแนกชนิดของแบคทีเรีย โดยวิเคราะห์ลำดับความคล้ายคลึงของลำดับนิวคลีโทด์ของยีน 16S rRNA ด้วยโปรแกรม BLASTN พบว่า แบคทีเรียจัดอยู่ในสกุล *Bacillus* spp. จำนวน 7 ไอโซเลต แบคทีเรียจัดอยู่ในสกุล *Pantoea* sp. จำนวน 1 ไอโซเลต แบคทีเรียจัดอยู่ในสปีชีส์ *Calidifontibacillus erzurumensis* จำนวน 2 ไอโซเลต และแบคทีเรียจัดอยู่ในสปีชีส์ *Niallia nealsonii* จำนวน 1 ไอโซเลต (ตารางที่ 3)

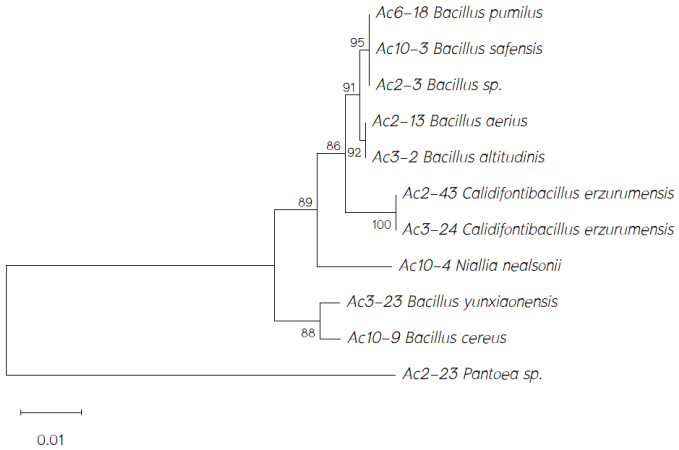
ตารางที่ 3 ชนิดของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค

รหัสไอโซเลต	ชนิดของแบคทีเรีย	รายละเอียด	ความคล้ายคลึง (%)
Ac2-3	*Bacillus* sp.	*Bacillus zhangzhouensis* strain MCCC 1A08372	97.99
Ac2-13	*Bacillus aerius*	*Bacillus aerius* strain 24K	99.17
Ac2-23	*Pantoea* sp.	*Pantoea dispersa* strain LMG 2603	95.93
Ac2-43	*Calidifontibacillus erzurumensis*	*Calidifontibacillus erzurumensis* strain P2	99.50
Ac3-2	*Bacillus altitudinis*	*Bacillus altitudinis* 41KF2b	99.86
Ac3-23	*Bacillus yunxiaonensis*	*Bacillus yunxiaonensis* strain FJAT-53711	99.65
Ac3-24	*Calidifontibacillus erzurumensis*	*Calidifontibacillus erzurumensis* strain P2	99.86
Ac6-18	*Bacillus pumilus*	*Bacillus pumilus* strain NRRL NRS-272	100
Ac10-3	*Bacillus safensis*	*Bacillus safensis* FO-36b	100
Ac10-9	*Bacillus cereus*	*Bacillus cereus* strain CCM 2010	99.54
Ac10-4	*Niallia nealsonii*	*Niallia nealsonii* strain DSM 15077	99.20

หมายเหตุ : การระบุชนิดของแบคทีเรีย โดยลำดับเบสของยีน 16S rRNA มีความคล้ายคลึงกันตั้งแต่ 99% ขึ้นไป จะสามารถระบุได้ในระดับสายพันธุ์ (species level) แต่หากมีความคล้ายคลึงกัน น้อยกว่า 99% จะระบุได้เพียงในระดับ สกุล (genus level)

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการ (Phylogenetic analysis)

เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของแบคทีเรียที่แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรค จึงได้ทำการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA และสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) โดยพบว่า แบคทีเรียสปีชีส์ *Niallia nealsonii* และ *Calidifontibacillus erzurumensis* มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียในสกุล *Pantoea* จัดอยู่คนละ clade กับแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนภูมิสายวิวัฒนาการของเชื้อแบคทีเรียจำนวน 11 สายพันธุ์ ที่แสดงศักยภาพในการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียก่อโรค โดยการจัดเรียงลำดับหลายลำดับ (Multiple alignment) โดย ClustalW และการสร้างแผนภูมิสายวิวัฒนาการโดยใช้วิธี neighbor joining

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาการคัดแยกแบคทีเรียจากเกสรหมักของผึ้งโพรงไทยที่มีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในสัตว์น้ำ ได้แก่ *S. agalactiae* และ *A. veronii* พบว่าแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากเกสรหมักผึ้งนั้นสามารถสร้างสารชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพได้ โดยจากผลการคัดแยกแบคทีเรีย พบว่าร้อยละ 4.98 มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ โดยผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์จากเกสรหมักผึ้งมีความหลากหลายสูง แต่มีเพียงบางชนิดที่สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pełka et al. (2021) และ Didaras et al. (2024) ที่พบว่าแบคทีเรียจากเกสรหมักของผึ้ง โดยเฉพาะในสกุล *Bacillus* เช่น *B. pumilus B. subtilis* และ *B. safensis* มีศักยภาพในการผลิตสารต้านจุลชีพและเอนไซม์ที่สำคัญต่อกระบวนการทางชีวภาพ นอกจากนี้ *Bacillus* spp. ยังมีกลไกการต้านจุลชีพที่สัมพันธ์กับการผลิตสาร bacteriocin และกรดอินทรีย์ ซึ่งส่งผลให้ค่า pH ของสภาพแวดล้อมลดลงและยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค สารออกฤทธิ์ดังกล่าวสามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และยับยั้งการสังเคราะห์ผนังเซลล์ของเชื้อโรค (Mercado & Olmos, 2022)

การศึกษาปฏิกิริยาการสลายเม็ดเลือดแดง พบแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็น Gamma haemolysis ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของแบคทีเรียที่จะนำไปพัฒนาไปเป็นโพรไบโอติกส์สำหรับสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pełka et al. (2023) ซึ่งพบว่าแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* ได้แก่ *Bacillus velezensis* และ *Bacillus subtilis* ที่คัดแยกได้จากเกสรหมักผึ้ง มีคุณสมบัติเป็น Gamma haemolysis ที่สามารถพัฒนาไปเป็นโพรไบโอติกส์ต่อไปได้ นอกจากนี้ วิเคราะห์ยีน 16S rRNA พบว่าแบคทีเรียที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพทั้งหมด 11 ไอโซเลต ส่วนใหญ่จัดอยู่ในสกุล *Bacillus* จำนวน 7 ไอโซเลต รองลงมา คือ *Calidifontibacillus* จำนวน 2 ไอโซเลต *Pantoea* จำนวน 1 ไอโซเลต และ *Niallia* จำนวน 1 ไอโซเลต โดยแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* ที่แสดงคุณสมบัติ Gamma haemolysis ได้แก่ *Bacillus yunxiaonensis* โดยเป็นแบคทีเรียที่ได้รับการตั้งชื่ออย่างเป็นทางการ ในปี 2025 โดยเป็นแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากระบบนิเวศโซนป่าชายเลน (Liu et al., 2025) นอกจากนี้ ยังพบแบคทีเรียสปีชีส์ *C. Erzurumensis* จำนวน 2 ไอโซเลต ที่แสดงคุณสมบัติ Gamma haemolysis โดยแบคทีเรียชนิดนี้ มีการรายงานพบเป็นแบคทีเรียชนิดใหม่ที่แยกออกมาจากแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* เมื่อปี 2020 โดยคัดแยกได้จากน้ำพุร้อนประเทศตุรกี (Adiguzel et al., 2020) และสปีชีส์ *Niallia nealsonii* โดยเปลี่ยนชื่อจาก *Bacillus nealsonii* โดยคัดแยกดินบริเวณชายฝั่งทางตอนเหนือของประเทศแอลจีเรีย (Djamila et al., 2022) ในส่วนของคุณสมบัติของแบคทีเรียทั้ง 4 ไอโซเลตนี้ ยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น เป็นแบคทีเรียที่มีความน่าสนใจในการศึกษาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ต่อไปในอนาคต และเป็นแบคทีเรียที่พบแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา การค้นพบแบคทีเรียที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการค้นพบจุลินทรีย์ใหม่ที่อาจมีฤทธิ์ต้านเชื้อก่อโรคแตกต่างจากหรือเสริมฤทธิ์กับ *Bacillus* spp. ทั้งนี้ แบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวมีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพอื่น หรือพัฒนาสำหรับการป้องกันโรคในฟาร์มปลาและสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ เช่น การใช้เป็นโพรไบโอติกส์หรือสารชีวภัณฑ์ เพื่อลดการใช้ยาปฏิชีวนะ

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเกสรหมักผึ้งเป็นแหล่งสำคัญของจุลชีพที่มีศักยภาพทางชีวภาพ โดยพบแบคทีเรีย 12 ไอโซเลต ที่สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรค *S. agalactiae* และ *A. veronii* ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกและมีคุณสมบัติเป็น Gamma hemolysis ซึ่งบ่งชี้ถึงความปลอดภัยเบื้องต้นต่อการพัฒนาเป็นโปรไบโอติกส์ ผลการวิเคราะห์ 16S rRNA พบว่าไอโซเลตที่มีศักยภาพจัดอยู่ในสกุล *Bacillus Pantoea Calidifontibacillus* และ *Niallia* ซึ่งบางกลุ่มมีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการใกล้ชิดกับ *Bacillus* ที่เป็นที่รู้จักในงานด้านชีวภัณฑ์และโพรไบโอติกส์ งานวิจัยชิ้นนี้จึงยืนยันว่าจุลชีพจากเกสรหมักผึ้งเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาเชิงประยุกต์ และเป็น

แหล่งทรัพยากรชีวภาพธรรมชาติที่มีศักยภาพสูงในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะในการควบคุมโรคอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สาเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริม ววน. และมหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีงบประมาณ 2568 เลขที่คำสั่ง 5046/2567 และขอขอบพระคุณหลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้ความช่วยเหลือในสถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Abdallah, E. S. H., Mohamed–Metwally, W. G., Abdel–Rahman, M. A. M., Albano, M., & Mahmoud, M. M. (2024). *Streptococcus agalactiae* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): A review. *Biology*, 13, 914.

Adiguzel, A., Ay, H., Baltaci, M. O., Akbulut, S., Albayrak, S., & Omeroglu, M. A. (2020). Genome–based classification of *Calidifontibacillus erzurumensis* gen. nov., sp. nov., isolated from a hot spring in Turkey, with reclassification of *Bacillus azotoformans* as *Calidifontibacillus azotoformans* comb. nov. and *Bacillus oryziterrae* as *Calidifontibacillus oryziterrae* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(12), 6418–6427.

Chaiyapechara, S., Rungrassamee, W., Suriyachay, I., Kuncharin, Y., Klanchui, A., Karoonuthaisiri, N., & Jiravanichpaisal, P. (2012). Bacterial community associated with the intestinal tract of *Penaeus monodon* in commercial farms. *Microbial Ecology*, 63(4), 938–953.

Didaras, N. A., Kafantaris, I., Dimitriou, T. G., Mitsagga, C., Karatasou, K., Giavasis, D., Stagos, D., Amoutzias, G. D., Hatjina, F., & Mossialos, D. (2021). Biological properties of bee bread collected from apiaries located across Greece. *Antibiotics*, 10, 555.

Djamila, M., Fatma, A., Arezki, A. A., Linda, M., Abdelkader, A., & Reda, B. A. (2022). A novel *Niallia nealsonii* Bacteria degrading phenol isolated from Oum Ghellaz Lake Shore Soil in Northern Algeria. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. C, Physiology and Molecular Biology*, 14(2), 501–509.

dos Santos, S. B., Alarcon, M. F., Ballaben, A. S., Harakava, R., Galetti, R., Guimarães, M. C., Natori, M. M., Takahashi, L. S., Ildefonso, R., & Rozas–Serri, M. (2023). First report of Aeromonas veronii as an emerging bacterial pathogen of farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Brazil. *Pathogens*, 12(8), 1020. https://doi.org/10.3390/pathogens12081020

He, Y., Huang, J.–L., Wang, K.–Y., Chen, D.–F., Geng, Y., Huang, X.–L., Ou–Yang, P., Zhou, Y., Wang, J., Min, J., & Lai, W.–M. (n.d.). Pathogenicity of *Streptococcus agalactiae* in *Oreochromis niloticus*. *Oncotarget*, 9(1), S401–S413.

Liu, G. H., Narsing Rao, M. P., Shi, H., Chen, Q. Q., Quadri, S. R., & Li, W. J. (2025). Description of six novel species *Bacillus bruguierae* sp. nov., *Bacillus kandeliae* sp. nov., *Bacillus yunxiaonensis* sp. nov., *Metabacillus rhizosphaerae* sp. nov., *Metabacillus sediminis* sp. nov. and *Psychrobacillus mangrovi* sp.

nov., isolated from mangrove ecosystem. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 75(1), 006656.

Mercado, V., & Olmos, J. (2022). Bacteriocin production by *Bacillus* species: Isolation, characterization, and application. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 14, 1151–1169. https://doi.org/10.1007/s12602-022-09966-w

Mohammad, S. M., Mahmud-Ab-Rashid, N.-K., & Zawawi, N. (2020). Botanical origin and nutritional values of bee bread from stingless bee (*Heterotrigona itama*) from Malaysia. *Journal of Food Quality*.

Nascimento, M., Rodrigues, J., Matias, R., & Jordao, L. (2024). *Aeromonas* spp. in freshwater bodies: Antimicrobial resistance and biofilm assembly. *Antibiotics*, 13(2), 166. https://doi.org/10.3390/antibiotics13020166

Pełka, K., Worobo, R. W., Walkusz, J., & Szweda, P. (2021). Bee pollen and bee bread as a source of bacteria producing antimicrobials. *Antibiotics*, 10, 713.

Pełka, K., Hafeez, A. B., Worobo, R. W., & Szweda, P. (2025). Probiotic potential of Bacillus isolates from polish bee pollen and bee bread. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 17(1), 364–377.

Tekedar, H. C., Arick, M. A. II, Hsu, C.-Y., Thrash, A., Blom, J., Lawrence, M. L., & Abdelhamed, H. (2020). Identification of antimicrobial resistance determinants in *Aeromonas veronii* strain MS-17-88 recovered from channel catfish (Ictalurus punctatus). *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 348. https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00348

van Doan, H., Soltani, M., Leitão, A., Lymbery, A. J., Ringø, E., Shafiei, S., & Asadi, S. (2022). *Streptococcosis*: A re-emerging disease in aquaculture—Significance and phytotherapy. *Animals*, 12, 2443.

ความหลากชนิดของพืชวงศ์ชบา (Malvaceae *s.l.*) ในอุทยานแห่งชาติดอยภูนาง จังหวัดพะเยา

Species diversity of Malvaceae *s.l.* in Doi Phu Nang national park, Phayao province

นันทวัฒน์ บุญนำ[1] และ บุญช่วง บุญสุข[1*]

Nanthawat Boonnum[1] and Boonchuang Boonsuk[1*]

บทคัดย่อ

พืชวงศ์ชบา (Malvaceae *s.l.*) เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีลักษณะวิสัยที่หลากหลาย ทั่วโลกมี 250 สกุล ประมาณ 4,300 ชนิด ประเทศไทยมี 57 สกุล 182 ชนิด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความหลากชนิด และการกระจายพันธุ์ของพืชวงศ์ชบาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูนาง จังหวัดพะเยา และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมข้อมูลของพืชวงศ์ชบาของประเทศไทยให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างพรรณไม้จะเก็บตามเส้นทางศึกษาธรรมชาติและบริเวณโดยรอบที่ทำการอุทยานฯ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2568 ผลการศึกษาครั้งนี้พบพืชวงศ์ชบาทั้งหมด 8 สกุล 11 ชนิด สกุลที่พบจำนวนชนิดมากที่สุด คือสกุล *Grewia*, *Sida* และสกุล *Triumfetta* พบจำนวนสกุลละ 2 ชนิด โดยส่วนใหญ่พบในป่าเบญจพรรณซึ่งเป็นพื้นที่ป่าส่วนใหญ่ของพื้นที่สำรวจ และมีช่วงเวลาการออกดอกมากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม การศึกษานี้ยังให้ข้อมูลการประเมินสถานะการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ ซึ่งใช้เป็นฐานข้อมูลในอุทยานแห่งชาติดอยภูนางเพื่อการใช้ประโยชน์ของพืชเหล่านี้ต่อไปได้ในอนาคต

คำสำคัญ: พืชใบเลี้ยงคู่, ความหลากหลาย, วงศ์ชบา, พื้นที่อนุรักษ์

Abstract

Malvaceae *s.l.* is a dicotyledonous plant group exhibiting high diversity of habits. Globally, this family comprises 250 genera and approximately 4,300 species, while in Thailand, 57 genera and 182 species have been documented. This study assessed the species diversity of Malvaceae in Doi Phu Nang National Park, Phayao Province, and provided baseline data to update or supplement national records for this family. Field surveys and specimen collections were conducted along nature trails and near the park headquarters from October 2024 to October 2025. Eleven species in eight genera of Malvaceae were enumerated. The genera *Grewia*, *Sida*, and *Triumfetta* were the most diverse, each represented by two species. Most Malvaceae species were found in mixed deciduous forests, the predominant forest type in the study area. The species exhibits peak blooming from October to December. Additionally, the study presents data on conservation status and utilization, which may inform future management of these plants in Doi Phu Nang National Park.

Keywords: Dicot, Diversity, Malvaceae *sensu lato*, Protected area

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

[1] Program in Biology, School of Science, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author : boonchuang.bo@up.ac.th

บทนำ

อุทยานแห่งชาติดอยภูนางได้รับการประกาศจัดตั้งในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 129 ตอนที่ 51 ก เมื่อวันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2555 ถือเป็นพื้นที่อนุรักษ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ด้วยระบบนิเวศป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์และความหลากหลายทางชีวภาพสูง อุทยานฯ มีที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ในเขตตำบลมาง อำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา ละติจูด 18 องศา 90 ลิปดาเหนือ ถึง 19 องศา 14 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา 6 ลิปดาตะวันออก ถึง 100 องศา 26 ลิปดาตะวันออก ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 537,424 ไร่ ใน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเชียงม่วน อำเภอปง และอำเภอดอกคำใต้ ลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อน สูงจากระดับทะเล 361–1,222 เมตร ซึ่งมีสังคมพืชหลัก 4 ประเภท ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ เป็นสังคมพืชเด่นมีพื้นที่ร้อยละ 40 ของพื้นที่ทั้งหมด มีพรรณไม้สำคัญ เช่น สัก ประดู่ และแดง โดยมีไผ่ชนิดต่าง ๆ เป็นไม้พื้นล่าง รองลงมาคือป่าเต็งรังคิดเป็นร้อยละ 30 ของพื้นที่ทั้งหมด มีพรรณไม้ทนแล้ง เช่น เต็ง รัง และพลวง นอกจากนี้ยังมีป่าดิบชื้นคิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมด พบบริเวณหุบเขาและริมลำห้วย ประกอบด้วยไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) และสังคมพืชที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดคือป่าดิบเขาคิดเป็นร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งพบตามสันเขาสูงมีพรรณไม้เด่นคือไม้ในวงศ์ก่อ (Fagaceae) และสนสามใบ ความหลากหลายของสังคมพืชเหล่านี้ได้เอื้ออำนวยให้เกิดถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่านานาชนิด เช่น ตะพาบน้ำ ตะกวด และนกชนิดต่าง ๆ (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2567)

พืชวงศ์ชบา (Malvaceae *sensu lato* หรือ *s.l.*) เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ เดิมประกอบด้วย 4 วงศ์ ได้แก่ Bombacaceae, Malvaceae *s. str.*, Sterculiaceae และ Tiliaceae จากการศึกษาด้านชีวโมเลกุลของ Bayer and Kubitzki (2003) ทำให้ทั้ง 4 วงศ์ถูกยุบเป็นวงศ์ย่อยของวงศ์ Malvaceae *s.l.* โดย Bombacaceae เป็น Bombacoideae, Malvaceae เป็น Malvoideae, Sterculiaceae เป็น Sterculioideae และ Tiliaceae เป็น Tilioideae ส่งผลให้มีลักษณะวิสัยที่หลากหลาย เป็นได้ทั้งไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม ไม้เลื้อย ไม้ต้น มีลำต้นที่ตั้งตรง หรือทอดนอนไปกับพื้น ใบเรียงสลับ หรือเรียงเวียน ดอกสมบูรณ์เพศ แต่สามารถพบได้ที่เป็นดอกแยกเพศ อาจจะพบหรือไม่พบริ้วประดับ บางครั้งริ้วประดับมีลักษณะคล้ายใบประดับ กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันที่ฐาน ปลายแยกเป็น 5 แฉก กลีบดอกมี 5 กลีบ กลีบแต่ละกลีบซ้อนเหลื่อมกัน เชื่อมกันที่ฐานหรือแยกกันเป็นอิสระ เกสรเพศผู้มีมัดเดียว หรือหลายมัด มีจำนวน 5–15 อัน ถึงมีจำนวนมาก ก้านเกสรเพศผู้มีตั้งแต่ 2–3 อันถึงจำนวนมาก รังไข่เหนือวงกลีบ มี 2–40 คาร์เพล ดอกเกิดเดี่ยว ๆ หรือเป็นช่อดอกแบบช่อกระจะ ช่อแยกแขนง หรือคล้ายช่อกระจุกแน่น ออกที่ปลายยอด หรือตามซอกกิ่ง นอกจากนี้พืชวงศ์ชบายังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ถูกใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน เช่น ฝ้าย (*Gossypium herbaceum* L.) ใช้เส้นใยผลิตเป็นเครื่องนุ่งห่ม และเครื่องใช้ต่าง ๆ (รัตญา ยานะพันธุ์, 2567) ชบา (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) นิยมนำมาปลูกประดับ (บริษัท มติชน จำกัด (มหาชน), 2565ก) งิ้ว (*Bombax ceiba* L.) ในทางภาคเหนือของประเทศไทยใช้เกสรเพศผู้เป็นส่วนประกอบทำน้ำยาขนมจีนน้ำเงี้ยว (บริษัท มติชน จำกัด (มหาชน), 2565ข) ส่วนชนิดที่นิยมนำผลหรือเมล็ดมารับประทานโดยที่รู้กันทั่วไป เช่น ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) โกโก้ (*Theobroma cacao* L.) และกระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.) เป็นต้น

พืชวงศ์ชบาทั่วโลกมีประมาณ 250 สกุล 4,300 ชนิด (Phuphathanaphong et al., 2019) ในประเทศไทยมีรายงานประมาณ 57 สกุล 182 ชนิด (Phengklai, 1993; 2001; 2005; Phuphathanaphong et al., 2019) แม้ว่าการศึกษาพรรณพฤกษชาติของพืชวงศ์ชบาในประเทศไทย (Flora of Thailand) จะเสร็จสมบูรณ์แล้ว องค์ความรู้ด้านอนุกรมวิธานของพืชวงศ์นี้ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง สะท้อนจากการค้นพบและรายงานพืชชนิดใหม่ของโลกอย่างสม่ำเสมอในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เช่น *Pterospermum gracile* P.Wilkie (Wilkie, 2013), *Hibiscus contortus* Phuph. & S.Gardner (Phuphathanaphong and Gardner, 2017) และ *Helicteres ubonensis* Chantar. &

Kantachot (Kanthchot and Chantaranothai, 2024) ประกอบกับการศึกษาส่วนใหญ่ยังจำกัดอยู่ในพื้นที่เฉพาะ (เช่น ประนอม และคณะ, 2565; Narkthai and Chantaranothai, 2020) แต่กลับยังไม่ปรากฏรายงานการสำรวจความหลากชนิดของพืชวงศ์นี้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูนาง จังหวัดพะเยา ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อบุกเบิกการสำรวจและจัดทำข้อมูลพื้นฐานด้านความหลากชนิด นิเวศวิทยา และการกระจายพันธุ์ของพืชวงศ์ชบาในพื้นที่ดังกล่าว พร้อมทั้งสร้างรูปวิธานสำหรับใช้ระบุสกุลและชนิด ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่ช่วยเสริมและปรับปรุงฐานข้อมูลพืชวงศ์ชบาของประเทศไทยให้มีความสมบูรณ์และเป็นปัจจุบันมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อสำรวจความหลากชนิดของพืชวงศ์ชบา (Malvaceae *s.l.*) ในอุทยานแห่งชาติดอยภูนาง จังหวัดพะเยา
2. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมข้อมูลของพืชวงศ์ชบาของประเทศไทย

วิธีวิทยาการวิจัย

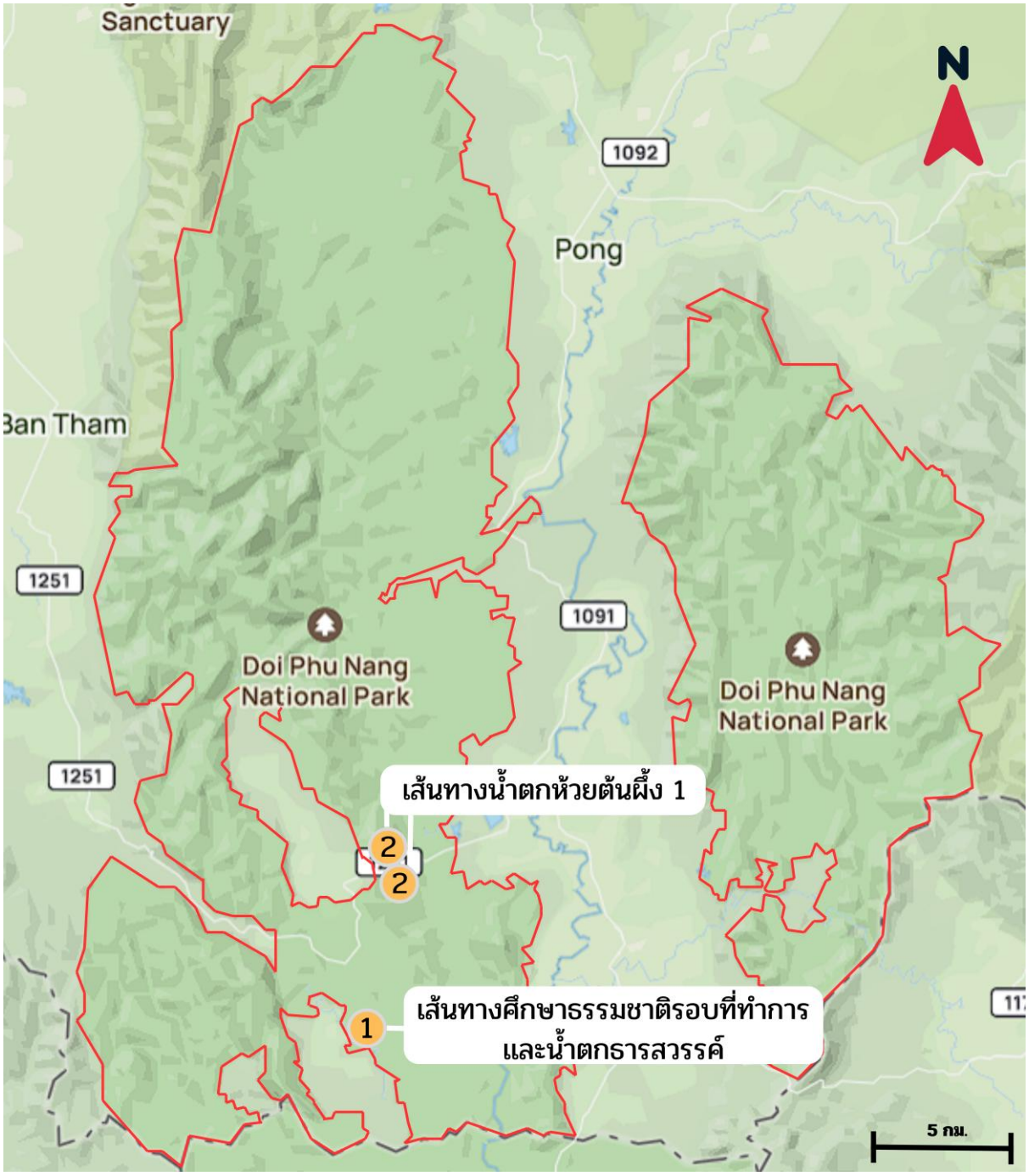
1. กำหนดเส้นทางที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ 1 คือเส้นทางศึกษาธรรมชาติรอบที่ทำการอุทยานฯ ถึงเส้นทางน้ำตกธารสวรรค์ เส้นทางที่ 2 คือเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกห้วยต้นผึ้ง (ภาพที่ 1)

2. สำรวจเส้นทางตามที่กำหนด โดยออกภาคสนาม 2 เดือนต่อครั้ง และเก็บตัวอย่างพรรณไม้ 3 ชิ้นต่อชนิด ประกอบไปด้วยส่วนของราก (ถ้าต้นขนาดเล็ก) ลำต้น ใบ ดอก และผล รวมถึงการถ่ายภาพเพื่อประกอบการระบุชนิด บันทึกนิเวศวิทยา ตำแหน่ง และระดับน้ำทะเล

3. การระบุชนิดโดยใช้รูปวิธานจากหนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย ได้แก่ วงศ์ Tiliaceae (Phengklai, 1993), วงศ์ Bombacaceae (Phengklai, 2005), วงศ์ Malvaceae (Phuphathanaphong, et al., 2019)

4. ตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง โดยใช้ฐานข้อมูลชื่อพรรณไม้ Plants of the World Online (POWO, 2025) และจัดจำแนกตามงานวิจัย Taxonomy in the light of incongruence: an updated classification of Malvales and Malvaceae based on phylogenomic data (Colli-Silva et al., 2025)

5. นำตัวอย่างจากภาคสนามมาจัดทำเป็นพรรณไม้แห้ง และเก็บไว้ที่พิพิธภัณฑ์พืชคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา



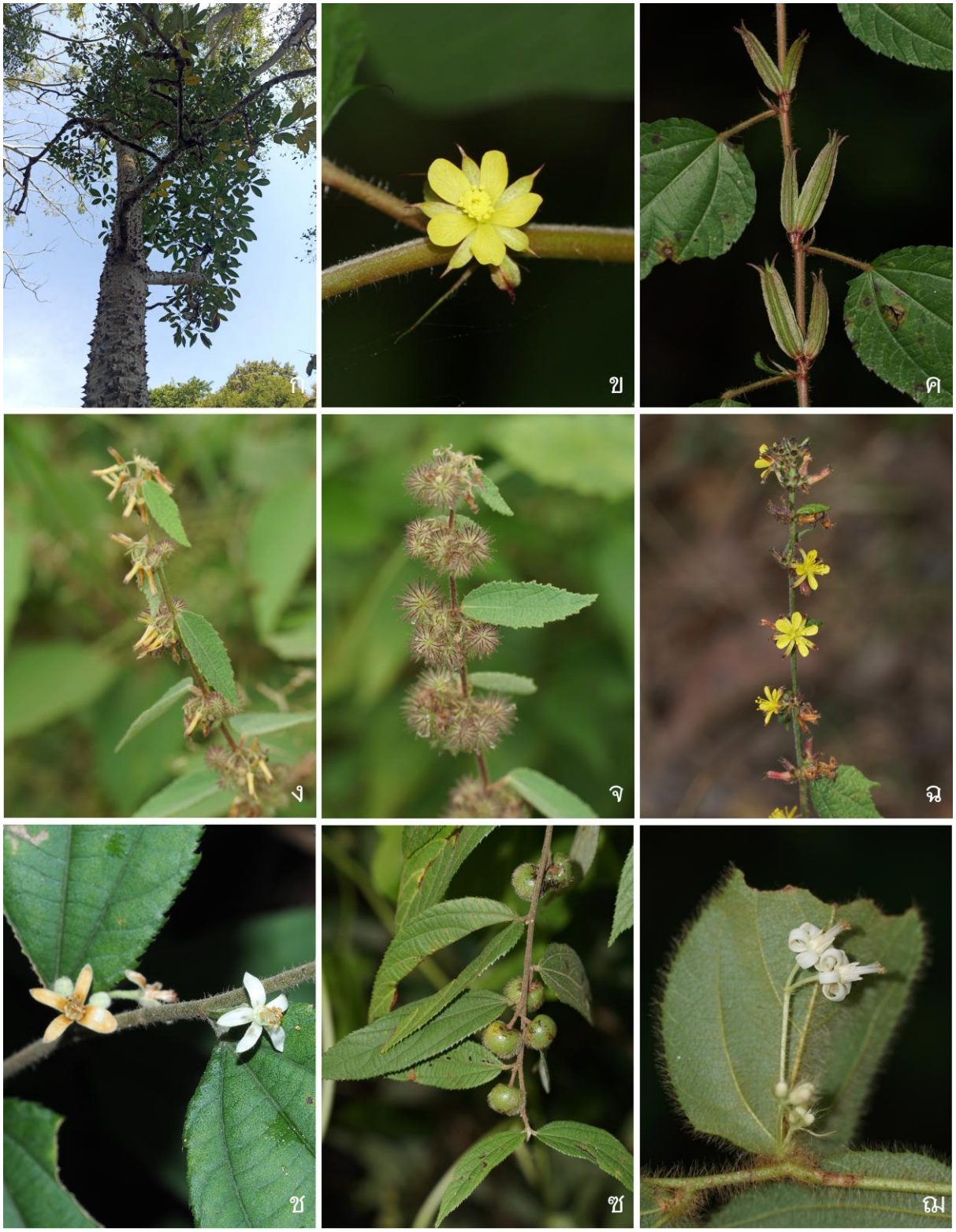
ภาพที่ 1 แผนที่อุทยานแห่งชาติดอยภูนางและจุดสำรวจ

ผลการศึกษา

การศึกษาพืชวงศ์ชบา (Malvaceae *s.l.*) ในอุทยานแห่งชาติดอยภูนางซึ่งมีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณและมีลำน้ำผ่านทำให้พื้นที่ป่ามีความอุดมสมบูรณ์และมีความชุ่มชื้นตลอดทั้งปี จากการสำรวจพบพืชวงศ์ชบาจำนวน 8 สกุล 11 ชนิด โดยได้บันทึกข้อมูลสำคัญของพืชแต่ละชนิด ได้แก่ ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญภาษาไทย นิเวศวิทยาภาคสนาม ช่วงเวลาออกดอก และสถานะภาพการอนุรักษ์ (ภาพที่ 2 และ 3, ตารางที่ 1) รวมถึงได้สร้างรูปวิธานในการระบุชนิดพืชที่พบในพื้นที่ศึกษา ดังนี้

รูปวิธานระบุชนิด

1. ไม้ต้น ลำต้นปกคลุมด้วยหนามจำนวนมาก	*Bombax anceps*
1. ไม้พุ่ม หรือไม้ล้มลุก ลำต้นเกลี้ยงหรือมีขนปกคลุม	2
2. กลีบดอกซ้อนเหลื่อมกัน เกสรเพศผู้เชื่อมติดเป็นกลุ่มเดียว	3
2. กลีบดอกจดกัน เกสรเพศผู้แยกกันอิสระ	7
3. ดอกและผลไม่มีริ้วประดับ	4
3. ดอกและผลมีริ้วประดับ	5
4. ใบมีขน เส้นใบเรียงแบบนิ้วมือ	*Sida mysorensis*
4. ใบเกลี้ยง เส้นใบเรียงแบบขนนก	*Sida acuta*
5. ยอดเกสรเพศเมียแตกแขนง	6
5. ยอดเกสรเพศเมียไม่แตกแขนง	*Azanza lampas*
6. จำนวนแขนงของก้านเกสรเพศเมียเท่ากับจำนวนช่องในผล	*Abelmoschus moschatus*
6. จำนวนแขนงของก้านเกสรเพศเมียไม่เท่ากับจำนวนช่องในผล	*Urena lobata*
7. กลีบดอกมีต่อมที่โคนกลีบ	8
7. กลีบดอกไม่มีต่อมที่โคนกลีบ	*Corchorus siamensis*
8. ยอดเกสรเพศเมียปลายแหลม	9
8. ยอดเกสรเพศเมียรูปโล่หรือแตกแขนง	10
9. ใบรูปไข่หรือรูปรีสม่ำเสมอ	*Triumfetta pilosa*
9. ใบรูปมือ	*Triumfetta rhomboidea*
10. ลำต้นและใบมีขนสั้น ๆ ปกคลุม ใบรูปไข่ถึงรูปรี	*Grewia hirsuta*
10. ลำต้นและใบมีขนยาวสีน้ำตาลทองปกคลุม ใบรูปขอบขนานถึงรูปใบหอก	*Grewia sessilifolia*



ภาพที่ 2 ชนิดพืชวงศ์ชบาในอุทยานแห่งชาติดอยภูนาง วงศ์ย่อย Bombacoideae: ก. *Bombax anceps*; วงศ์ย่อย Grewioideae: ข.–ค. *Corchorus siamensis*; ง.–จ. *Triumfetta pilosa*; ฉ. *Triumfetta rhomboidea*; ช.–ซ. *Grewia hirsuta*; ฌ. *Grewia sessilifolia*



ภาพที่ 2 ชนิดพืชวงศ์ชบาในอุทยานแห่งชาติดอยภูนาง วงศ์ย่อย Malvoideae: ก.–ข. *Abelmoschus moschatus*; ค.–ง. *Urena lobata*; จ.–ฉ. *Azanza lampas*; ช. *Sida acuta*; ซ.–ฌ. *Sida mysorensis*

สรุปผลและอธิปรายผล

พืชวงศ์ชบาในอุทยานแห่งชาติดอยภูนางพบจำนวน 8 สกุล และ 11 ชนิด เมื่อจำแนกตามการจำแนกของ Colli-Silva et al. (2025) สามารถจำแนกได้ 3 วงศ์ย่อย 6 เผ่า เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของชนิดพืชที่พบในแต่ละวงศ์ย่อยพบว่า วงศ์ย่อย Bombacoideae มีตัวแทนเพียง 1 ชนิดในเผ่า Bombaceae คือ *Bombax anceps* Pierre (งิ้วป่าดอกขาว) ซึ่งเป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ พบในระบบนิเวศป่าดิบแล้ง บริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติรอบที่ทำการอุทยานฯ และน้ำตกธารสวรรค์ (เส้นทางที่ 1) วงศ์ย่อย Grewioideae พบความหลากชนิดสูง โดยพบ 5 ชนิด จาก 2 เผ่า ในเผ่า Apeibeae พบ 3 ชนิด ได้แก่ *Corchorus siamensis* Craib (กระเจาน้อย) พบทั้งในเส้นทางที่ 1 และ 2 *Triumfetta pilosa* Roth (หญ้าผมยุ่ง) พบในเส้นทางที่ 1 และ *T. rhomboidea* Jacq. (ปอหยุมยู่) พบในเส้นทางที่ 2 พืชทั้งสามชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีในป่าเบญจพรรณ พื้นที่โล่ง ส่วนในเผ่า Grewieae พบ 2 ชนิดในสกุล *Grewia* ได้แก่ *Grewia hirsuta* Vahl (ข้าวกี่วอก) และ *G. sessilifolia* Gagnep. (ข้าวจี่สร้อย) ซึ่งพบอยู่ร่วมกันในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณใกล้ที่โล่ง บริเวณเส้นทางที่ 1 วงศ์ย่อย Malvoideae เป็นกลุ่มที่มีความหลากหลายของชนิดสูง โดยพบ 5 ชนิด จาก 3 เผ่า ในเผ่า Hibisceae พบ 2 ชนิด ได้แก่ *Abelmoschus moschatus* (ชะมดต้น) ซึ่งมีลักษณะเด่นที่พบบริเวณป่าดิบแล้ง ริมลำธาร และสามารถพบได้ตามป่าเบญจพรรณ ชายป่า (เส้นทางที่ 1 และ 2) *Urena lobata* L. (ขี้ครอก) ซึ่งเป็นพืชล้มลุกที่พบได้ทั่วไปในป่าเบญจพรรณบริเวณพื้นที่โล่ง (เส้นทางที่ 2) สำหรับเผ่า Gossypieae พบ 1 ชนิด คือ *Azanza lampas* (Cav.) Alef. (ฝ้ายผี) เป็นไม้พุ่มที่พบในป่าเบญจพรรณบริเวณชายป่า (เส้นทางที่ 2) และสุดท้ายคือเผ่า Malveae พบ 2 ชนิดในสกุล *Sida* ได้แก่ *Sida acuta* Burm.f. และ *S. mysorensis* Wight & Arn. ทั้งสองชนิดเป็นไม้ล้มลุกขนาดเล็กที่เจริญเติบโตได้ดีในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณบริเวณพื้นที่โล่ง พบหนาแน่นในเส้นทางที่ 2 และพืชในวงศ์ชบามีช่วงเวลาการออกดอกของแต่ละชนิดที่พบนั้นมีความแตกต่างกัน ในช่วงฤดูแล้งพบได้เฉพาะพืชที่ออกดอกเกือบตลอดทั้งปีคือ *Urena lobata* ซึ่งช่วงเวลาที่มีการออกดอกมากที่สุดคือช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม

การใช้ประโยชน์

พืชวงศ์ชบามีการนำมาใช้ประโยชน์ทางพฤกษศาสตร์พื้นบ้านในการเป็นพืชสมุนไพร เช่น ผลของ *Abelmoschus moschatus* เป็นพืชสมุนไพรที่สามารถรับประทานดิบได้ มีสรรพคุณช่วยในการขับเสมหะ (Neamsuvan et al., 2015) ใบของ *Azanza lampas* นำมาต้มกับน้ำดื่มแก้ไอและแก้หลอดลมอักเสบ (สุฑารัตน์ และคณะ, 2562) ส่วนเปลือกของ *Bombax anceps* นำมาต้มกับน้ำดื่มเพื่อบำรุงเลือดหรือดื่มเพื่อเป็นยาบำรุงกำลัง (Phatlamphu et al., 2021) หรือดื่มแก้ร้อนใน (สุฑารัตน์ และคณะ, 2562) *Grewia hirsuta* ใช้ส่วนของรากต้มกับน้ำโดยกรองเอาแค่น้ำดื่มใช้ลดอาการไข้ (Saensouk et al., 2025) ชาวกะเหรี่ยงสะกอในชุมชนห้วยปูลิงและชุมชนขุนแตะใช้ส่วนของรากหรือทุกส่วนของ *Sida acuta* ต้มกับน้ำดื่มเพื่อรักษาอาการปวดหลัง เจ็บปวดจากกระดูกหักหรือร้าว (Kantasrila et al., 2023) และพืช *Urena lobata* ใช้ทุกส่วนของพืชต้มกับน้ำดื่มรักษาอาการทางเดินปัสสาวะอักเสบหรือแก้ไข้หวัดได้ (ธวัชชัย และคณะ, 2566) หรือใช้ทั้งต้นบดพอกแผลเพื่อห้ามเลือดและช่วยสมานแผล (สุฑารัตน์ และคณะ, 2562)

ตารางที่ 1 รายชื่อของพืชวงศ์ชบาในอุทยานแห่งชาติดอยภูนาง

วงศ์ย่อย/เผ่า/ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อไทย	นิเวศวิทยา	ช่วงเวลาออกดอก	สถานภาพการอนุรักษ์	การใช้ประโยชน์
1. วงศ์ย่อย Bombacoideae					
1. เผ่า Bombaceae					
1. *Bombax anceps* Pierre	งิ้วป่าดอกขาว	ป่าดิบแล้ง	พ.ย.–ก.พ.	LC	สมุนไพรพื้นบ้าน
2. วงศ์ย่อย Grewioideae					
2. เผ่า Apeibeae					
2. *Corchorus siamensis* Craib	กระเจาน้อย	ป่าเบญจพรรณ ชายป่า	ต.ค.–ธ.ค.	n/a	
3. *Triumfetta pilosa* Roth	หญ้าผมยุ่ง	ป่าเบญจพรรณ ชายป่า	ต.ค.–ธ.ค.	n/a	
4. *T. rhomboidea* Jacq.	ปอหยุมยู่	ป่าเบญจพรรณ ชายป่า	ต.ค.–ก.พ.	n/a	
3. เผ่า Grewieae					
5. *Grewia hirsuta* Vahl	ข้าวกี่วอก	ป่าเบญจพรรณ ชายป่า	มิ.ย.–ธ.ค.	LC	สมุนไพรพื้นบ้าน
6. *G. sessilifolia* Gagnep.	ข้าวจี่สร้อย	ป่าเบญจพรรณ ชายป่า	มิ.ย.–ต.ค.	n/a	
3. วงศ์ย่อย Malvoideae					
4. เผ่า Hibisceae					
7. *Abelmoschus moschatus* Medik.	ชะมดต้น	ป่าดิบแล้ง ริมลำธาร	ก.ค.–ธ.ค.	LC	สมุนไพรพื้นบ้าน
8. *Urena lobata* L.	ขี้ครอก	ป่าเบญจพรรณ พื้นที่โล่ง	เกือบทั้งปี	LC	สมุนไพรพื้นบ้าน
5. เผ่า Gossypieae					
9. *Azanza lampas* (Cav.) Alef.	ฝ้ายผี	ป่าเบญจพรรณ พื้นที่โล่ง	ต.ค.–ก.พ.	LC	สมุนไพรพื้นบ้าน
6. เผ่า Malveae					
10. *Sida acuta* Burm.f.		ป่าเบญจพรรณ พื้นที่โล่ง	ส.ค.–ธ.ค.	n/a	สมุนไพรพื้นบ้าน
11. *S. mysorensis* Wight & Arn.		ป่าเบญจพรรณ พื้นที่โล่ง	ส.ค.–ก.พ.	n/a	

*หมายเหตุ LC: Least concern; n/a: ยังไม่มีข้อมูลใน IUCN red list

สถานภาพการอนุรักษ์

ในการอนุรักษ์เมื่อประเมินสถานะของชนิดที่พบโดยเทียบเคียงกับบัญชีของ IUCN red list (https://www.iucnredlist.org/) พบว่าพืชส่วนใหญ่ที่พบ เช่น *Abelmoschus moschatus*, *Azanza lampas*, *Bombax anceps*, *Grewia hirsuta* และ *Urena lobata* เป็นชนิดพันธุ์ที่มีการกระจายพันธุ์กว้างขวาง และถูกจัดอยู่ในสถานะ Least Concern (LC) อย่างไรก็ตามข้อมูลที่สำคัญอย่างยิ่งจากการศึกษาครั้งนี้คือการพบว่า พืชหลายชนิดที่พบยังไม่มีการประเมินสถานะอย่างเป็นทางการ (Not Evaluated – NE หรือ Data Deficient – DD) (IUCN, 2025) โดยเฉพาะ *Corchorus siamensis* ซึ่งเป็นพืชถิ่นเดียวของไทยที่ยังขาดข้อมูลการประเมินสถานะในระดับสากล ทำให้ประชากรภายในอุทยานฯ มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์ ผลการศึกษานี้จึงทำให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของอุทยานแห่งชาติดอยภูนางในการเป็นแหล่งอนุรักษ์ถิ่นที่อยู่อาศัยของพืชกลุ่มนี้ โดยเฉพาะการปกป้องระบบนิเวศของพืชเฉพาะถิ่นของไทยที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของพืชเหล่านี้ ซึ่งเป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชวงศ์ชบาที่ยังรอการศึกษาเพิ่มเติม

แม้การศึกษานี้จะเพิ่มข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ แต่ยังคงมีข้อจำกัดเนื่องจากการสำรวจจำกัดอยู่เพียง 2 เส้นทาง และอาจมีข้อจำกัดด้านฤดูกาลที่ส่งผลต่อการพบเห็นพืชล้มลุกบางชนิด นอกจากนี้ควรมีการวิจัยต่อยอดในอนาคต ได้แก่ การขยายพื้นที่สำรวจให้ครอบคลุมสังคมพืชอื่น ๆ ของอุทยานฯ เพื่อค้นหาพืชวงศ์ชบาสกุลอื่นที่ยังไม่พบการสำรวจซ้ำในฤดูกาลที่แตกต่างกันเพื่อเก็บข้อมูลให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ เครื่องมือ รวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย นักวิทยาศาสตร์ที่มีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชที่อนุญาตให้เข้าทำการศึกษาวิจัยในพื้นที่อนุรักษ์ และขอบคุณเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติดอยภูนางที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2567). อุทยานแห่งชาติดอยภูนาง. **สำนักอุทยานแห่งชาติ**. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2567 จาก https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=34912

ธวัชชัย ศรีสุวรรณ, นัชชา บุญมี, พลอยพรรณ ไชยยาว, พัทธ์ธีรา จันทรมาศ, สุดาพร ศรีจันทร์ และอรทัย เนียมสุวรรณ. (2566). การสำรวจพืชสมุนไพรจากภูเขาน้อย ตำบลหัวเขา อำเภอสิงนคร จังหวัดสงขลา. **วารสารไทยไภษัชยนิพนธ์**, ปีที่ 19 ฉบับที่ 1, หน้า 35–51.

บริษัท มติชน จำกัด (มหาชน). (28 พฤกษภาคม 2565ก). ชบา มีดีมากกว่าไม้ประดับ / สมุนไพรเพื่อสุขภาพ. **มติชนออนไลน์**. สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2568 จาก https://www.matichon.co.th/weekly/column/article_556410

บริษัท มติชน จำกัด (มหาชน). (14 ตุลาคม 2565ข). รู้หรือไม่? น้ำเงี้ยว–น้ำงิ้ว นอกจากอร่อย ยังมีประโยชน์เพียบ!. **มติชนออนไลน์**. สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2568 จาก https://www.matichon.co.th/weekly/column/article_399633

ประนอม จันทรโณทัย, พิมพ์วดี พรพงศ์รุ่งเรือง, เดชา บงค์บุตร และจุฑามาศ นิสสัยหาญ. (2565). **ความหลากหลายของไม้ล้มลุกบนลานหิน และความหลากชนิดของพืชวงศ์ชบา (Malvaceae) ในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน จังหวัดสกลนคร**. (รายงานฉบับสมบูรณ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รัตญา ยานะพันธุ์ (18 เมษายน 2567). ฝ้ายบนพื้นที่สูง. **สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)**. สืบค้นเมื่อ 16 ธันวาคม 2568, จาก https://hkm.hrdi.or.th/Knowledge/detail/679

สุฑารัตน์ คนขยัน, แววตา แสงศิริ และหัตถญา ทิพย์สนเท่ห์. (2019). พืชสมุนไพรในภูแม่นางม่อน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูสีฐาน จังหวัดมุกดาหาร. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, ปีที่ 24 ฉบับที่ 2, หน้า 500–516.

Bayer, C. and Kubitzki, K. (2003). Malvaceae. In K. Kubitzki & C. Bayer (Eds), **The Families and Genera of Vascular Plants Malvales, Capparales and Non–Betalain Caryophyllales Vol. 5**. (pp.225–311). Berlin: Springer.

Colli–Silva, M., Pérez–Escobar, O. A., Ferreira, C. D. M., Costa, M. T. R., Gerace, S., Coutinho, T. S., Yoshikawa, V. N., Antonio–Domingues, H., Hernández–Gutiérrez, R., Bovini, M. G., Duarte, M. C., Cheek, M., Chase, M. W., Fay, M. F., Christenhusz, M. J. M., Dorr, L. J., Schoeplein, C., Corcoran, M., Roy, S., Cable, S.,

McLay, T., Maurin, O., Forest, F. and Antonelli, A. (2025). Taxonomy in the light of incongruence: An updated classification of Malvales and Malvaceae based on phylogenomic data. **Taxon**, 74(2), 361–385. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tax.13300

IUCN. (2025). **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2025–2. Retrieved from https://www.iucnredlist.org. Accessed on 11 November 2025.

Kantachot, C. and Chantaranothai, P. (2024). *Helicteres ubonensis* (Malvaceae), a new species from Thailand. **Blumea**, 69, 13–15. doi: 10.3767/blumea.2024.69.01.02

Kantasrila, R., Pandith, H., Balslev, H., Wangpakapattanawong, P., Panyadee, P. and Inta, A. (2024). Ethnobotany and phytochemistry of plans used to treat musculoskeletal disorders among Skaw Karen, Thailand. **Pharmaceutical biology**, 62(1), 62–104.

Narkthai, P. and Chantaranothai, P. (2020). Taxonomic notes on Grewioideae (Malvaceae) in Thailand. **Thai Forest Bulletin**, 48(1), 72–76. doi: 10.20531/tfb.2020.48.1.12

Neamsuvan, O., Sengnon, N., Seemaphrik, N., Chouychoo, M., Rungrat, R. and Bunrasri, S. (2015). A survey of medicinal plants around upper Songkhla lake, Thailand. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, 12(2), 133–143.

Phatlamphu, N., Saensouk, S., Saensouk, P. and Junsongduang, A. (2021). Ethnobotany of edible plants in Muang district, Kalasin province, Thailand. **Biodiversitas**, 22(12), 5432–5444.

Phuphathanaphong, L. and Gardner, S. (2017). A new Species of *Hibiscus* (Malvaceae–Malvoideae) from Thailand. **Thai Forest Bulletin**, 45(1), 6–9. doi: 10.20531/tfb.2017.45.1.02

Phengklai, C. (1993). Tiliaceae. **e–Flora of Thailand Vol. 6 part 1**. Retrieved November 12, 2024, from https://botany.dnp.go.th/eflora/florafamily.html?factsheet=Tiliaceae&volumeno=.

Phengklai, C. (2001). Sterculiaceae. **e–Flora of Thailand Vol. 7 part 3**. Retrieved November 12, 2024, from https://botany.dnp.go.th/eflora/florafamily.html?factsheet=Tiliaceae&volumeno=.

Phengklai, C. (2005). Bombacaceae. **e–Flora of Thailand Vol. 9 part 1**. Retrieved November 12, 2024, from https://botany.dnp.go.th/eflora/florafamily.html?factsheet=Sterculiaceae&volumeno=.

Phuphathanaphong, L., Chayamarit, K. and Pattharahirantricin, N. (2019). Malvaceae. **e–Flora of Thailand Vol. 14 part 2**. Retrieved November 12, 2024, from https://botany.dnp.go.th/eflora/florafamily.html7factsheet =Malvaceae&volumeno=.

POWO. (2025). **Plants of the World Online**. Retrieved from https://powo.science.kew.org/. Accessed on: 11 November 2025.

Saensouk, P., Saensouk, S., Boonma, T., Junsongduang, A., Naing, M.K. and Jitpromma, T. (2025). Ethnomedicinal properties of wild edible fruit plants and their horticultural potential among indigenous Isan communities in Roi Et province, Northeastern Thailand. **Horticulturae**, 11, 855.

Wilkie, P. (2013). A new species of *Pterospermum* Schreb. (Dombeyoideae, Malvaceae/Sterculiaceae) from southern Thailand. **Thai Forest Bulletin**, 41, 10–12.

การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ของใบข้าวจากภาพถ่าย RGB

Development of a Technique for Chlorophyll Analysis in Rice Leaves Using RGB Images

จุฑารัตน์ ทองใบ[1], กฤตชญา อิสกุล[1] และ พิมพ์ศิริ สุวรรณพัฒน์[1*]
Jutharat Thongbai[1], Kritchaya Issakul[1] and Pimsiri Suwannapat[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ของใบข้าวจากภาพถ่ายดิจิทัล โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพกล้องสมาร์ทโฟน 5 รุ่น ทดสอบการควบคุมการตั้งค่ากล้องด้วยแอปพลิเคชัน CameraFV-5 และตรวจสอบการสะท้อนของแผ่นสีสอบเทียบระหว่างพื้นผิวมันกับผิวด้าน จากนั้นจึงนำเทคนิคที่พัฒนาได้ไปถ่ายภาพใบข้าวจากต้นข้าวที่ปลูกในแปลงนาและในกระถาง เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของแสงต่อค่า RGB กับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สกัดด้วยสารละลาย (N,N-Dimethylformamide; DMF) ผลการศึกษาพบว่า สมาร์ทโฟนที่ให้ภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูงกว่า ให้ข้อมูลภาพที่เสถียรและสัมพันธ์กับความเข้มแสงได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบภาพถ่ายที่ผ่านและไม่ผ่านการตั้งค่าจากแอปพลิเคชัน CameraFV-5 พบว่าแอปพลิเคชันดังกล่าวสามารถลดความแปรปรวนของค่า RGB ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นสีผิวด้านให้ค่า RGB ที่สม่ำเสมอและแม่นยำกว่าผิวมันที่ความแปรปรวนมาจากแสงสะท้อนในภาพ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ (Pearson's correlation) พบว่าความเข้มแสงสีแดง (R) มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ($r = -0.551^{**}$) และคลอโรฟิลล์บี ($r = -0.630^{**}$) ซึ่งสอดคล้องกับการดูดกลืนแสงสีแดงของคลอโรฟิลล์ ทั้งนี้สรุปได้ว่าเทคนิคการใช้ภาพถ่าย RGB จากสมาร์ทโฟนที่มีความละเอียดสูงตั้งแต่ 50 ล้านพิกเซล ร่วมกับการตั้งค่าการถ่ายภาพผ่าน CameraFV-5 กับการใช้แผ่นสีผิวด้าน เป็นเทคนิคทางเลือกหนึ่งสำหรับการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบข้าวที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ

คำสำคัญ: ภาพถ่ายดิจิทัล คลอโรฟิลล์ เรือนยอดข้าว RGB

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] Department of Environmental Technology and Management, school of Energy and Environment, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author: pimsiri.su@up.ac.th

Abstract

This study aimed to develop a technique for analyzing chlorophyll content in rice leaves using digital images. The research compared the performance of 5 smartphone models, tested camera setting control through the CameraFV-5 application, and examined the reflectance of calibration color sheets with glossy and matte surfaces. The developed technique was then applied to capture images of rice leaves grown in both field plots and pots to analyze the influence of light on RGB values and the amount of chlorophyll extracted using N,N-Dimethylformamide (DMF) solution. The results showed that smartphones with higher image resolution provided more stable image data and better correlation with light intensity. Comparing images captured with and without CameraFV-5 settings revealed that the application effectively reduced RGB variability. Furthermore, matte color sheets produced more consistent and accurate RGB values than glossy sheets, which exhibited variability due to light reflection. Statistical analysis using Pearson's correlation indicated that the red light intensity (R) had a significant negative correlation with chlorophyll a ($r = -0.551^{**}$) and chlorophyll b ($r = -0.630^{**}$), consistent with the absorption of red light by chlorophyll. In conclusion, using high-resolution smartphone images (≥50 megapixels) combined with CameraFV-5 settings and matte color sheets offers an efficient and low-cost alternative technique for estimating chlorophyll content in rice leaves.

Keywords: Smartphone photography, Chlorophyll, Rice canopy, RGB

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งโลกและมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหาร ทั้งนี้ผลผลิตของข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความยาวนานของช่วงแสง, อุณหภูมิ, และความต้องการธาตุอาหารของพืช ซึ่งต้องอาศัยกระบวนสังเคราะห์ด้วยแสงและคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นรงควัตถุในใบข้าวทำหน้าที่สังเคราะห์แสง โดยแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี ซึ่งกระบวนการนี้ช่วยให้พืชผลิตคาร์โบไฮเดรตและสารอินทรีย์จากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ พร้อมปล่อยออกซิเจนออกมา (Gross, 2012) การประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชถือเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการศึกษาสรีรวิทยาและสะท้อนสุขภาพและความสมบูรณ์ของพืช (Wang et al., 2014) สามารถใช้บ่งบอกสถานะการสังเคราะห์แสง ระดับไนโตรเจนในใบ ความเครียดของพืชตลอดจนการเจริญเติบโตและผลผลิต จากงานวิจัยของ Huang et al. (2004) รายงานความสัมพันธ์ระหว่างการขาดไนโตรเจนกับการลดลงของคลอโรฟิลล์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง ขณะที่ Liu et al. (2017) ใช้ค่าคลอโรฟิลล์เพื่อประเมินสถานะไนโตรเจนและคาดการณ์ผลผลิตข้าว สามารถดำเนินการได้ตั้งแต่ระดับเซลล์ ระดับใบ ไปจนถึงระดับแปลง โดยมีวิธีการวิเคราะห์หลัก 2 แบบ คือ วิธีทำลายโครงสร้าง เช่น สเปกโตรโฟโตมิเตอร์และเทคนิค HPLC ซึ่งให้ความแม่นยำสูงแต่มีข้อจำกัดเชิงปฏิบัติการ ซับซ้อน ทำให้ไม่สะดวกต่อการประเมินในภาคสนาม (Wellburn, 1994) กับวิธีไม่ทำลายโครงสร้าง เช่น เครื่องวัด SPAD และการวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียมหรือ UAV (Barman & Choudhury, 2022) นอกจากนี้เทคโนโลยีการถ่ายภาพดิจิทัลและการประมวลผลภาพได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของพืช เนื่องจากสามารถดำเนินการได้รวดเร็ว ประหยัด และเหมาะสมกับการเก็บข้อมูลในพื้นที่เพาะปลูกจริง มีการนำเทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลที่ใช้ระบบการแสดงภาพจากอัตราส่วนของแม่สีแสง ได้แก่ สีแดง เขียว และน้ำเงิน (Red-Green-Blue หรือเรียกโดยย่อว่าระบบ RGB) มาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวและปาล์มน้ำมัน (Hunt et al., 2013; Yadav et al., 2020) โดยคลอโรฟิลล์

มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (425 ถึง 475 nm) และสีแดง (625 ถึง 675 nm) แต่สะท้อนแสงสีเขียว (520 ถึง 560 nm) (Meyer & Neto, 2008) วิธีการเหล่านี้มักอาศัยการคำนวณค่าดัชนีสีต่าง ๆ เช่น ดัชนีสี ExG, NDI, VEG และ CIVE ใช้คำนวณเพื่อประเมินสัดส่วนการปกคลุมพืชพรรณและความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ (Jiang et al., 2019; Tao et al., 2021) ค่า Dark Green Color Index (DGCI) หรืออัตราส่วนความสว่างเฉลี่ยของสี (Mean brightness ratio) แสดงความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดได้จริงในระดับปานกลางถึงสูง (Mohan et al., 2019) ในปี พ.ศ. 2553 สัตถาภูมิ ไทยพานิช ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลจากกล้อง web camera และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อพัฒนาแนวทางการพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์จากภาพถ่ายใบข้าว อย่างไรก็ตามความแม่นยำของแบบจำลองเหล่านี้ยังคงเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญจากปัจจัยหลายด้าน ได้แก่ สภาพแสงขณะถ่ายภาพโดยเฉพาะในฤดูกาลเพาะปลูกข้าวในเขตร้อนซึ่งเป็นช่วงที่มีปัจจัยรบกวนความเข้มของแสงธรรมชาติจากการบดบังของก้อนเมฆและการตกของฝนมาก ซึ่งส่งผลต่อค่า Digital Number (DN) ของ R, G และ B หากไม่มีการปรับเทียบแสงอย่างเหมาะสมอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการประเมินข้อมูลภาพได้ (Mohan et al., 2019) นอกจากนี้ความแตกต่างของรุ่นสมาร์ทโฟน ความละเอียดของภาพถ่าย ตลอดไปจนถึงการตั้งค่ากล้องอาจส่งผลต่อความแม่นยำของข้อมูล ทำให้จำเป็นต้องพัฒนาเทคนิคที่เหมาะสมและทดสอบความใช้ได้ของเครื่องมือ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ของใบข้าวจากภาพถ่าย RGB โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากสมาร์ทโฟนรุ่นต่าง ๆ และทดสอบการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายด้วยแอปพลิเคชัน CameraFV-5 รวมถึงการตรวจสอบผลกระทบจากพื้นผิวแผ่นสีที่ใช้ในการสอบเทียบ นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดด้วยวิธีมาตรฐาน Spectrophotometer โดยใช้สารละลาย N,N-Dimethylformamide (DMF) (Inskeep & Bloom, 1985) เพื่อประเมินความแม่นยำและความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในงานวิจัยและการจัดการพื้นที่เพาะปลูกต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อพัฒนาเทคนิคการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวจากภาพถ่าย RGB

วิธีวิทยาการวิจัย

1. การเก็บข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation: RS) และภาพถ่ายดิจิทัลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลสภาพอากาศดำเนินการโดยสถานีตรวจวัดจุลอุตุนิยมวิทยา ซึ่งติดตั้งในพื้นที่นาแปลงใหญ่สันป่าตอง ตำบลสันโค้ง อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา โดยสถานีดังกล่าวมีการตรวจวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ (Rs) ทุก 30 นาที (NARIT, 2023) ครอบคลุมฤดูกาลเพาะปลูกข้าว ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงกันยายน พ.ศ. 2565 โดยข้อมูลแสงที่นำมาวิเคราะห์จะเป็นข้อมูลเฉลี่ยมาจากช่วงเวลาก่อนและหลังที่ใกล้เคียงกับการเก็บข้อมูลภาพถ่ายดิจิทัลภาคสนาม เพื่อให้ได้ค่า Rs ที่เหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่าย โดยข้อมูลภาพถ่ายมาจากการเก็บข้อมีผ่านแอพลิเคชัน CameraFV-5 ในพื้นที่นาแปลงใหญ่จำนวน 5 แปลง ที่อยู่ในพื้นที่รัศมีสถานีตรวจวัดจุลอุตุนิยมวิทยาไม่เกิน 1 กิโลเมตร โดยถ่ายด้วยมือถือรุ่นที่ 4 จากตาราง 1 ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. ทุกสัปดาห์ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก โดยเลือกวิเคราะห์ข้อมูล RGB จากชุดแผ่นสีของแต่ละภาพถ่าย

2. การทดสอบความใช้ได้ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บภาพถ่าย RGB

2.1 ข้อมูล RGB ของภาพถ่ายจากสมาร์ทโฟนแต่ละรุ่น

ในการทดสอบครั้งนี้ได้เลือกสมาร์ทโฟนจำนวน 5 รุ่น เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพและความสม่ำเสมอของข้อมูล RGB ที่ได้จากภาพถ่าย ติดตั้งแอป Camera FV-5 แต่ละรุ่นมีคุณสมบัติของกล้องดังตาราง 1 การถ่ายภาพจะดำเนินการในกล่องดำขนาด 50×50 ตารางเซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร ที่ติดตั้งแผ่นสีที่ทำจากผ้ากำมะหยี่สีขาว สีเขียว สีแดง และสีน้ำเงิน ขนาด 10×10 เซนติเมตรและควบคุมความเข้มแสงโดยใช้ไฟ LED 10 ระดับ

ตารางmuj 1 รายละเอียดสมาร์ทโฟนที่ใช้ในการทดลองถ่ายภาพ

รุ่นโทรศัพท์	ขนาดหน้าจอ	ความละเอียดกล้องหลัง	ช่วงราคา (บาท)	รูรับแสง	ขนาดภาพสูงสุด (พิกเซล)
1	6.5	48 MP+2 MP(B&W)+2 MP(macro)	3,000–5,000	f/1.8	8000*6000
2	6.5	13 MP + 2 MP(B&W) + 2 MP(macro)	3,000–5,000	f/2.2	4160*3120
3	6.5	12 MP + 2 MP + 2 MP	3,000–5,000	f/1.8	4000*3000
4	6.44	48 MP + 8 MP (Ultrawide) + 2 MP (Macro) + 2 MP (Bokeh)	10,000–15,000	f/1.8	8000*6000
5	6.78	50 MP + 50 MP Ultrawide + 2 MP (Macro)	10,000–15,000	f/1.9	8000*6000

2.2 การเปรียบเทียบค่า RGB ที่ไม่ผ่านและผ่านการตั้งค่าด้วย CameraFV-5

แอปพลิเคชัน CameraFV-5 เวอร์ชัน 5.4.0 ที่พัฒนาโดย Flavio Gonzalez App-Entwicklung (Germany, 2012) ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมการตั้งค่ากล้องให้มีความคงที่มากขึ้น โดยกำหนดค่า ISO ที่ 1000 ความเร็วชัตเตอร์ 1/50 และ White Balance แบบคงที่ที่ 4800K พร้อมทั้งใช้ฟังก์ชัน Lock Exposure เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของแสงระหว่างการถ่ายภาพ การเปรียบเทียบค่า RGB ที่ไม่ผ่านและผ่านการตั้งค่าด้วยแอปพลิเคชัน CameraFV-5 ทำได้โดยดึงค่า RGB จากจุดเดียวกันในภาพทั้งสองแบบเพื่อเปรียบเทียบค่า RGB เฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.3 การเปรียบเทียบค่า RGB ระหว่างแผ่นสีผิวมันกับแผ่นสีผิวด้าน

การทดสอบนี้ใช้แผ่นสีมาตรฐานที่มีพื้นผิวมันที่ทำโดยการตัดผ้ากำมะหยี่ขนาด 10×10 เซนติเมตร และเคลือบด้วยสติ๊กเกอร์พลาสติกใสและผิวด้านที่ทำจากผ้ากำมะหยี่ขนาดเดียวกันในสภาพแสงเดียวกัน โดยถ่ายภาพในมุมและระยะเท่ากันเพื่อควบคุมตัวแปร จากนั้นดึงค่า RGB จากพื้นที่เดียวกันของแผ่นสีทั้งสองชนิดมาวิเคราะห์

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างภาพถ่ายใบข้าวจากพื้นที่เพาะปลูกที่ต่างกัน

ภาพถ่ายใบข้าวถูกเก็บจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ได้แก่ ใบข้าวที่ปลูกในกระถาง ที่อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมน้ำและปุ๋ย และใบข้าวที่ปลูกในแปลงนาของเกษตรกร โดยทั้งสองชุดตัวอย่างได้รับแสงจากธรรมชาติ การถ่ายภาพดำเนินการในเวลาเดียวกันของวันและใช้การตั้งค่ากล้องคงที่เพื่อควบคุมตัวแปร จากนั้นนำค่า RGB ที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ที่สกัดด้วยสารละลาย N,N–Dimethylformamide (DMF) (Moran & Porath 1980; Inskeep & Bloom 1985; Wellburn 1994)

4. การเก็บตัวอย่างใบข้าวและการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์

ในการศึกษานี้สกัดคลอโรฟิลล์ด้วยตัวทำละลาย DMF เกรด Extra Pure ความบริสุทธิ์ 99.5% (Daejung, South Korea) การเก็บตัวอย่างใบข้าวสุ่มเลือกใบที่สมบูรณ์ที่สุด คือใบที่ 2 และ 3 จากยอดต้น โดยเก็บจากกระถาง 9 ใบ และแปลงนา 3 ใบ ทุก 30 วัน จำนวน 2 ครั้ง รวม 24 ใบ ตัดกลางใบยาว 5 เซนติเมตร สำหรับถ่ายภาพ แล้วจัดเรียงให้ได้ตัวอย่างขนาด 5×5 ตารางเซนติเมตร สำหรับการสกัดเริ่มจากชั่งน้ำหนักใบข้าว 0.1 กรัม ตัดเป็นชิ้นเล็กใส่หลอดทดลองที่บรรจุ DMF 10 มิลลิลิตร เก็บในที่มืด 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นเจือจางสารสกัดให้ได้ความเข้มข้น 25% ดูดสารสกัด 3 มิลลิลิตร ใส่คิวเวตต์ วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 480 647 และ 664 นาโนเมตร แล้วคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ตามสูตรของ Wellburn (1994) โดยแสดงผลมิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (mg/g FW)

$$\text{Chl a} = 11.65A_{664} - 2.69A_{647}$$

$$\text{Chl b} = 20.81A_{647} - 4.53A_{664}$$

5. การวิเคราะห์ค่า RGB

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดำเนินการโดยใช้โปรแกรม ImageJ ร่วมกับโปรแกรม R Studio โดยเริ่มจากการเลือกบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์ในภาพถ่ายและกำหนดค่าบริเวณที่สนใจ (Region of Interest: ROI) ด้วยโปรแกรม ImageJ จากนั้นบันทึกค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ความกว้าง (Width), ความสูง (Height), พิกัดแกน X และพิกัดแกน Y เพื่อนำไปแทนค่าในสมการสำหรับการคำนวณตัวแปรในโปรแกรม R Studio จะได้ค่าความเข้มแสงสีของภาพ ได้แก่ สีแดง (Red: R), สีเขียว (Green: G) และสีน้ำเงิน (Blue: B)

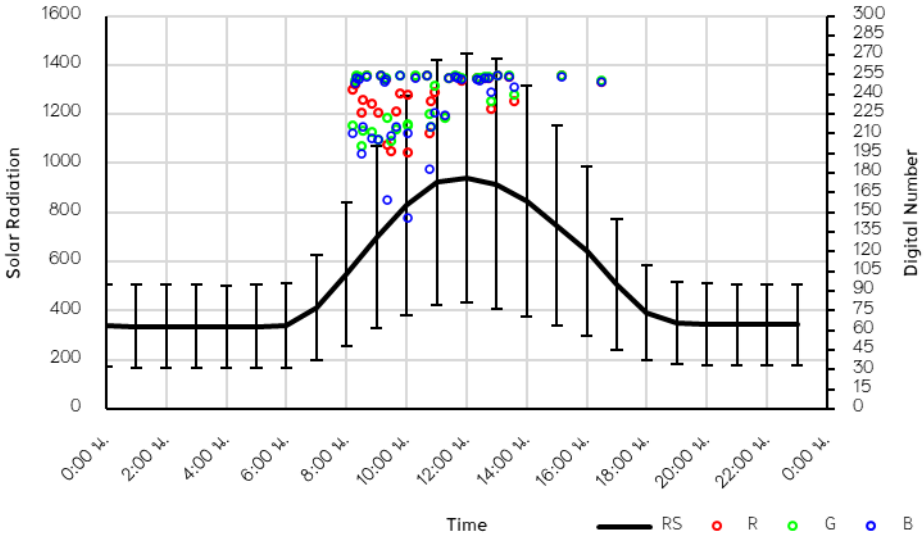
6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพและการวัดคลอโรฟิลล์ถูกนำมาวิเคราะห์ SPSS Statistics 26.0 ด้วยสถิติ Pearson's correlation เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงสี RGB ของภาพกับค่าคลอโรฟิลล์ จากนั้นสร้างโมเดลเชิงเส้นนแบบง่าย (Simple linear regression) เพื่อประเมินความสามารถในการทำนายค่าคลอโรฟิลล์จากค่าความเข้มแสงสี RGB

ผลการศึกษา

1. การศึกษาค่ารังสีแสงอาทิตย์ (Rs) ในฤดูกาลเพาะปลูก

ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ ดังภาพ 1 แสดงให้เห็นว่าค่ารังสีแสงอาทิตย์ (Rs) มีความแปรปรวนตามช่วงเวลาในรอบวัน โดยจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงกลางวันระหว่างเวลา 10.00 น. ถึง 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงแดดจัดที่สุด ผลกระทบของช่วงเวลาต่อภาพถ่าย พบว่าภาพที่ถ่ายในแปลงนาที่เวลาแตกต่างกัน ได้แก่ 8.00 น., 9.00 น. และ 12.00 น. มีความแตกต่างของแสงและเงาอย่างชัดเจน โดยเฉพาะช่วงเที่ยงวัน (12.00 น.) ที่มีแสงจ้าและเงาเข้มกว่าช่วงเช้า ความแตกต่างนี้อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ค่าสีจากภาพถ่าย เนื่องจากความเข้มของแสงที่แตกต่างกันส่งผลต่อการรับแสงของกล้องและค่าความเข้มแสงสี (Digital Number) ที่บันทึกได้ หากไม่มีการควบคุมหรือปรับเทียบแสงที่เหมาะสมย่อมนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนในการประเมินข้อมูลภาพเชิงปริมาณ

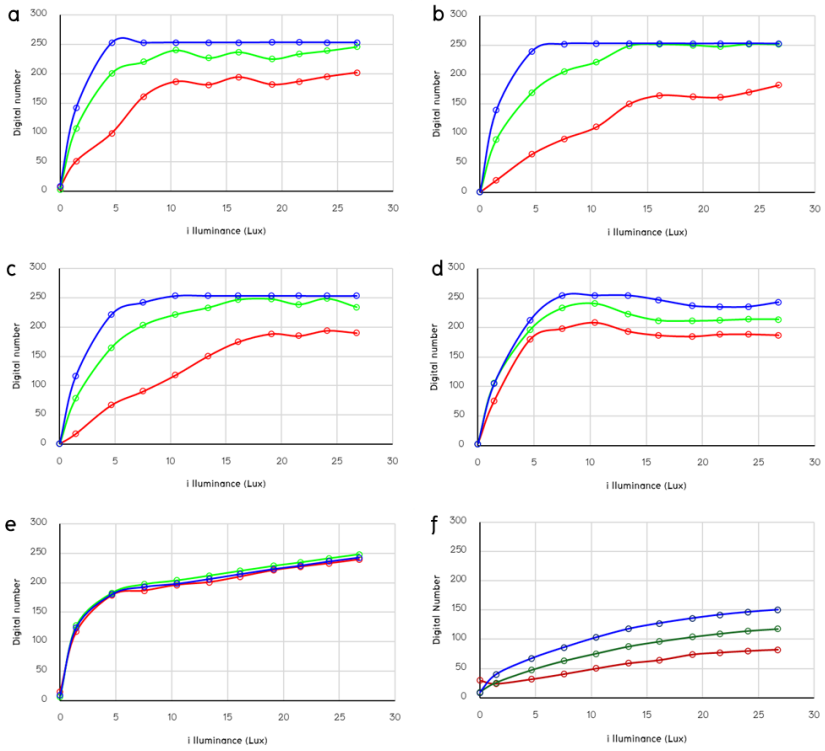


ภาพที่ 1 แสดงค่ารังสีแสงอาทิตย์ (Solar radiation: Rs) รายรอบวันในระยะแตกกอ แสดงช่วงเวลาที่เหมาะสำหรับถ่ายภาพ

2. การเปรียบเทียบข้อมูล RGB ภาพถ่ายจากสมาร์ทโฟน

การทดลองเปรียบเทียบสมาร์ทโฟน 5 รุ่น (ตาราง 1) แสดงให้เห็นว่า คุณสมบัติของกล้องโดยเฉพาะความละเอียด มีผลต่อความแม่นยำของข้อมูลภาพอย่างชัดเจน รุ่นที่มีกล้องความละเอียดสูง เช่น รุ่น 4 และ 5 (48–50 ล้านพิกเซล) ให้ค่าที่เสถียรและสัมพันธ์กับความเข้มแสงได้ดีกว่า ในขณะที่รุ่นความละเอียดต่ำ เช่น รุ่น 3 (12 ล้านพิกเซล) ให้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำน้อยและมีความแปรปรวนสูง นอกจากนี้การควบคุมการตั้งค่ากล้องเป็นปัจจัยสำคัญ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงสีและความเข้มแสงอาทิตย์ (Rs) (ภาพ 2) พบว่าเส้นโค้งของทุกรุ่นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและคงที่เมื่อแสงมากขึ้น แต่ระดับความสูงและความชันแตกต่างกัน ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างด้านความละเอียดและคุณภาพการประมวลผล โดยรุ่นที่มีความละเอียดสูงและควบคุมการตั้งค่าได้แม่นยำ ให้ค่าที่เสถียรและสัมพันธ์กับแสงมากกว่า ผลการเปรียบเทียบภาพก่อนและหลังใช้แอป CameraFV-5 ยืนยันว่า การตั้งค่า ISO ความเร็วชัตเตอร์ และ White balance ให้คงที่ (เช่น ISO 1000, 1/50, 4800K พร้อม Lock exposure) ทำให้ค่า Digital Number (DN) ของสี RGB มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเข้มแสงอย่างชัดเจน ในทางตรงกันข้ามการถ่ายภาพแบบอัตโนมัติทำให้ค่า DN แปรปรวนสูงและความสัมพันธ์ไม่ชัดเจน ดังนั้นการใช้

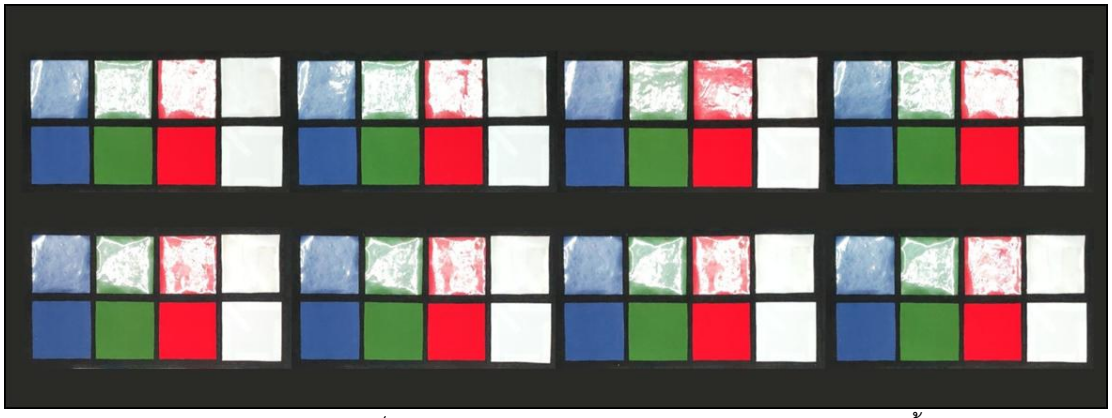
สมาร์ทโฟนที่มีกล้องความละเอียดสูงร่วมกับการควบคุมการตั้งค่าด้วยแอปพลิเคชันจึงเป็นเทคนิคที่จำเป็นเพื่อให้ได้ข้อมูลภาพที่สม่ำเสมอและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์



ภาพ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (Illuminance) และค่าความเข้มแสงสี RGB จากภาพถ่ายที่ไม่ผ่านการตั้งค่าด้วย CameraFV-5 ที่ความละเอียด (a) 48 ล้านพิกเซล (b) 13 ล้านพิกเซล (c) 12 ล้านพิกเซล (d) 48 ล้านพิกเซล (e) 50 ล้านพิกเซล และ (f) ผ่านการตั้งค่าด้วย CameraFV-5 ที่ความละเอียด 50 ล้านพิกเซล

3. การทดสอบค่า RGB ของแผ่นสีผิวด้านและผิวมัน

จากการเปรียบเทียบค่าความเข้มของสีในระบบ RGB ระหว่างแผ่นสีที่มีพื้นผิวมันและพื้นผิวด้าน จากการถ่ายภาพทั้งหมด 8 ครั้ง (ภาพ 3) โดยใช้แผ่นสีมาตรฐานในสภาพแสงเดียวกัน ผลการวิเคราะห์จากตาราง 2 แสดงให้เห็นว่าแผ่นผิวมันมีค่าความเข้มของสีแดง (R) เฉลี่ย 162.90 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถึง 33.08 ขณะที่สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) มีค่าเฉลี่ย 184.93 และ 207.76 ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนถึงความแปรปรวนของค่าที่เกิดจากการสะท้อนแสงของพื้นผิวมัน ในทางตรงกันข้ามแผ่นผิวด้านให้ค่าที่สูงกว่าและมีความสม่ำเสมอมากกว่า โดย R มีค่าเฉลี่ย 246.22 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 21.55 ส่วนสีเขียวและสีน้ำเงินมีค่าเฉลี่ย 208.79 และ 211.06 ตามลำดับ ความแตกต่างนี้แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวมันมีแนวโน้มทำให้ค่าความเข้มของแสงสีไม่คงที่ ในขณะที่พื้นผิวด้านให้ค่าที่ใกล้เคียงกับสีจริงและมีความสม่ำเสมอสูงกว่า ดังนั้นการเลือกใช้แผ่นสีผิวด้านจึงเหมาะสมสำหรับการสอบเทียบสีและการวิเคราะห์ภาพที่ต้องการความแม่นยำของข้อมูล RGB



ภาพ 3 แสดงการเก็บข้อมูลภาพถ่ายแผ่นสีผิวด้านและผิวมันจำนวน 8 ซ้ำ

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า RGB ระหว่างแผ่นสีที่มีพื้นผิวมันและพื้นผิวด้าน

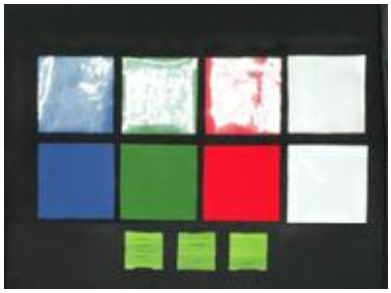
พื้นผิว	แผ่นสี	R	G	B
ผิวมัน	น้ำเงิน	162.90 ±33.08	184.93 ±26.10	207.76 ±16.39
	เขียว	206.39 ±8.66	222.76 ±6.16	208.67 ±8.90
	แดง	246.22 ±1.55	208.79 ±13.84	211.06 ±12.66
	ขาว	245.86 ±3.90	249.09 ±2.53	244.66 ±2.84
ผิวด้าน	น้ำเงิน	59.12 ±2.11	93.17 ±0.74	152.72 ±1.43
	เขียว	75.76 ±3.44	137.28 ±1.26	60.64 ±2.02
	แดง	249.09 ±1.98	21.81±1.83	45.83 ±1.84
	ขาว	247.14 ±3.18	251.18 ±2.09	248.55 ±2.55

*หมายเหตุ ค่า S.D. (Standard Deviation) หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในตารางนี้ใช้เพื่อระบุความสม่ำเสมอหรือความแปรปรวนของค่าความเข้มแสงสีที่วัดได้จากการถ่ายภาพ 8 ครั้ง

เปรียบเทียบค่าความเข้มของสีในระบบ RGB ระหว่างแผ่นสีที่มีพื้นผิวมันและพื้นผิวด้าน โดยใช้แผ่นสีมาตรฐานในสภาพแสงเดียวกัน ผลการวิเคราะห์จากตาราง 2 แสดงให้เห็นความแตกต่างของค่า RGB ที่ชัดเจนระหว่างพื้นผิวด้านและพื้นผิวมัน สำหรับแผ่นสีที่มีพื้นผิวมันพบว่าค่า RGB มีแนวโน้มสูงและมีความแปรปรวนมาก โดยเฉพาะแผ่นสีน้ำเงิน ซึ่งมีค่า R เฉลี่ยเท่ากับ 162.90 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถึง 33.08 ขณะที่ค่า G และ B มีค่าเฉลี่ย 184.93 และ 207.76 ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนถึงการสะท้อนแสงที่มีผลต่อค่า RGB ในกรณีของแผ่นสีเขียวและแดง แผ่นสีเขียว มีค่า R และ B สูงกว่า 200 ซึ่งแสดงถึงการสะท้อนแสงข้ามสี เช่นเดียวกับแผ่นสีแดง ส่วนแผ่นสีขาว มีค่า RGB สูงและใกล้เคียงกันตามลักษณะของสีขาว แต่ยังคงมีความแปรปรวนมากกว่าผิวด้าน ดังนั้นการเลือกใช้แผ่นสีผิวด้านจึงเหมาะสมสำหรับการสอบเทียบสีและการวิเคราะห์ภาพที่ต้องการความแม่นยำของข้อมูล RGB เนื่องจากช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการสะท้อนแสง

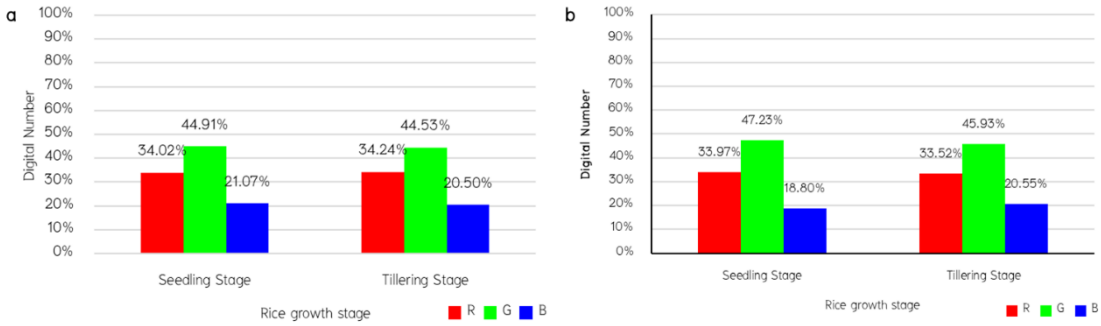
3. การวิเคราะห์ตัวอย่างใบข้าวและการทดสอบอัตราส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการทดลองเปรียบเทียบข้อมูลภาพถ่ายและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวที่ปลูกในสองสภาพแวดล้อม ได้แก่ พื้นที่ปลูกแปลงนา (Rong Kham: RK) และพื้นที่ปลูกในกระถาง (Plot) โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลภาพถ่าย (ภาพ 4) ร่วมกับการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าการเก็บข้อมูลภาพถ่ายใบข้าวใน 2 ระยะการเจริญเติบโตคือ Seedling stage และ Tillering stage โดยใช้แผ่นสีวางคู่กับใบข้าวทั้ง 2 ระยะ ในแต่ละระยะจะเลือกใบข้าวต้นละ 2 ใบ (ใบที่ 2 และ 3) จากจำนวน 3 ต้น โดยตัดส่วนใบที่มีความกว้างใกล้เคียงกัน ความยาว 5 เซนติเมตร แล้วนำมาเรียงรวมกัน 5 ใบ เพื่อควบคุมความถูกต้องของสีในภาพถ่าย วิธีนี้ช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพแสงและการตั้งค่ากล้อง ทำให้ข้อมูลภาพมีความสม่ำเสมอและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เช่น การคำนวณค่าความเข้มแสงสีเพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์



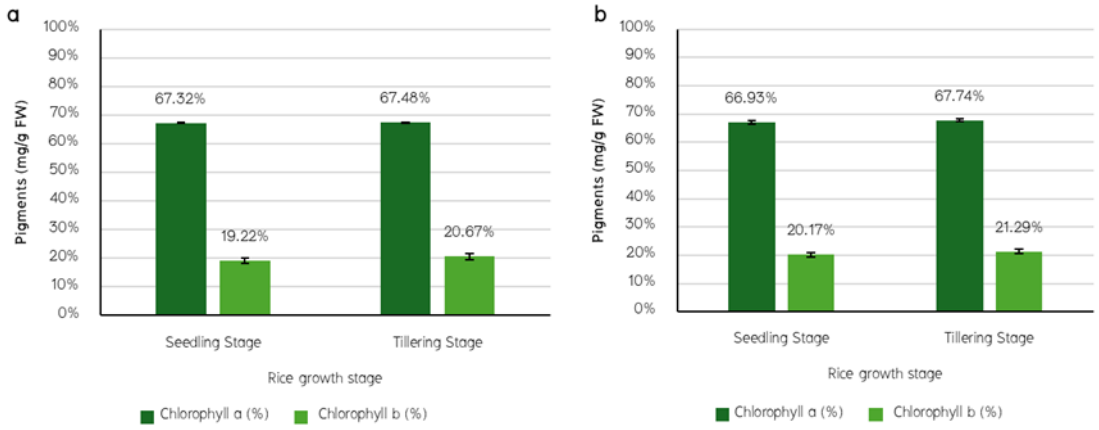
ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลภาพถ่ายใบข้าวในห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปวิเคราะห์คลอโรฟิลล์จากพื้นที่เพาะปลูกแปลงนา (Rong Kham:RK) และพื้นที่เพาะปลูกในกระถาง (Plot)

จากสัดส่วนค่า RGB ของใบข้าวที่เก็บจากสองพื้นที่ได้แก่ พื้นที่แปลงนา (Rong Kham: RK) และพื้นที่กระถาง (Plot) โดยทำการวัดในสองระยะการเจริญเติบโตคือ Seedling stage และ Tillering stage ผลการวิเคราะห์พบว่าในทั้งสองพื้นที่ ค่า G มีสัดส่วนสูงสุดในทุกระยะ โดยในพื้นที่แปลงนา Seedling stage มีค่าเฉลี่ย 44.91% และ Tillering stage มีค่าใกล้เคียงกันที่ 44.53% ขณะที่ค่า R มีสัดส่วน 34.02% และสีน้ำเงินต่ำสุดที่ 21.07% สำหรับพื้นที่กระถางแนวโน้มยังคงคล้ายกัน โดยค่า G มีสัดส่วนสูงสุดที่ 47.23% ใน Seedling stage และลดลงเล็กน้อยเป็น 45.93% ใน Tillering stage ส่วนค่า R ใกล้เคียง Seedling stage โดยมีสัดส่วน 33.52% และค่า B มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 18.80% เป็น 20.55% ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าความเข้มของแสงสีเขียวมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว ขณะที่ค่าความเข้มแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามสภาพแวดล้อมและระยะการเจริญเติบโตของข้าว ดังภาพ 5



ภาพที่ 5 แสดงสัดส่วน RGB ของใบข้าว(a) พื้นที่เพาะปลูกแปลงนา (Rong Kham: RK) (b) พื้นที่เพาะปลูกในกระถาง (Plot)

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวที่เก็บจากทั้งสองสภาพแวดล้อมพบว่า สัดส่วนรงควัตถุแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll a) มีปริมาณสูงสุดประมาณ 66 ถึง 67% รองลงมาคือคลอโรฟิลล์บี (Chlorophyll b) ประมาณ 19 ถึง 21% สัดส่วนดังกล่าวคงที่และใกล้เคียงกันทั้งสองระยะการเจริญเติบโตของข้าว สะท้อนถึงความเสถียรขององค์ประกอบรงควัตถุในใบข้าวแม้ปลูกในสภาพแวดล้อมต่างกัน



ภาพที่ 6 แสดงสัดส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีในใบข้าวระยะแตกกอ
(a) พื้นที่เพาะปลูกแปลงนา (Rong Kham: RK) (b) พื้นที่เพาะปลูกในกระถาง (Plot)

4. การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยวิธี Pearson's correlation พบว่าค่าสีแดง (R) มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($r = -0.551^{**}$) และคลอโรฟิลล์ บี ($r = -0.630^{**}$) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดงสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิด สำหรับค่าสีเขียว (G) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับคลอโรฟิลล์ บี ($r = -0.481^{*}$) แต่ไม่มีนัยสำคัญกับคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างรงควัตถุ พบว่าคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงมาก ($r = 0.961^{**}$) ซึ่งสะท้อนถึงความสัมพันธ์ภายในกลุ่มรงควัตถุที่มีบทบาทร่วมกันในกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า RGB จากภาพถ่ายสมาร์ทโฟนกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ในใบข้าว

	R	G	B	Chlorophyll a	Chlorophyll b
R	1				
G	0.842**	1			
B	0.557**	0.199	1		
Chlorophyll a	−0.551**	−0.345	−0.286	1	
Chlorophyll b	−0.630**	−0.481*	−0.321	0.961**	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

สรุปผลและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สมาร์ทโฟนร่วมกับเทคนิคควบคุมการตั้งค่ากล้องและการสอบเทียบสีสามารถประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสมาร์ทโฟนที่มีกล้องความละเอียดสูงให้ข้อมูลภาพที่เสถียรและสัมพันธ์กับความเข้มแสงมากกว่ารุ่นที่มีความละเอียดต่ำ การใช้แอปพลิเคชัน CameraFV-5 เพื่อควบคุมค่า ISO ความเร็วชัตเตอร์ และ White Balance ช่วยลดความแปรปรวนของข้อมูล ทำให้ค่าดิจิทัลของสี RGB มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับระดับความเข้มแสงอย่างชัดเจน ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าคลอโรฟิลล์เอมีปริมาณสูงสุด (66 ถึง 67%) รองลงมาคือคลอโรฟิลล์บี (19 ถึง 21%) โดยมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองสภาพแวดล้อม ความสัมพันธ์ทางสถิติยืนยันว่าค่าความเข้มแสงสีแดงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐานและงานวิจัยก่อนหน้า เช่น Mohan et al. (2019) และ Wang et al. (2014) ที่ระบุว่าภาพ RGB สามารถใช้ประเมินคลอโรฟิลล์ได้ แต่ต้องมีการควบคุมสภาพแสงและการตั้งค่ากล้องอย่างเหมาะสม ความแตกต่างของความละเอียดกล้องส่งผลต่อความแม่นยำของข้อมูลภาพอย่างชัดเจน โดยรุ่นที่มีความละเอียดสูงให้ผลที่เสถียรกว่า การใช้แผ่นสีมาตรฐานและแอปพลิเคชันควบคุมกล้องช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากแสงธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในสภาพแวดล้อมเขตร้อนที่มีความแปรปรวนของแสงสูง ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้สมาร์ทโฟนร่วมกับเทคนิคควบคุมแสงเป็นทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำและเหมาะสมสำหรับการประเมินคลอโรฟิลล์ในภาคสนาม อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ควรพิจารณาใช้ดัชนีสีเพิ่มเติม เช่น ExG หรือ DGCI และทดสอบในสภาพแวดล้อมและระยะการเจริญเติบโตที่หลากหลาย รวมถึงการขยายการศึกษาไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยวเพื่อสร้างโมเดลที่ครอบคลุมมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. เลือกใช้สมาร์ทโฟนที่มีกล้องความละเอียดสูงและรองรับการตั้งค่า Manual เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพที่มีความแม่นยำและสม่ำเสมอสำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

2. ใช้แผ่นสีมาตรฐานที่ผ่านการรับรองสำหรับงานวิจัยเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการสะท้อนแสงและช่วยในการสอบเทียบสีอย่างถูกต้อง

3. ขยายการทดลองไปยังระยะการเจริญเติบโตที่หลากหลาย เพื่อสร้างโมเดลที่ครอบคลุมและสามารถนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. เพิ่มตัวแปรดัชนีสีอื่น เช่น ExG หรือ DGCI เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์จากภาพถ่าย RGB

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษา นางสาวพิมพ์ศิริ สุวรรณพัฒน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตชญา อิสกุล ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะตลอดกระบวนการวิจัย รวมถึงการกำกับดูแลอย่างใกล้ชิดจนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม และสาขาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการดำเนินงานวิจัย นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่านที่ถูกนำมาอ้างอิง ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของบทความนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาเพิ่มเติมและผู้ที่ดำเนินการวิจัยในประเด็นที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

สัตถาภูมิ ไทยพานิช. (2553). **การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

Alberto, M. C. R., Wassmann, R., Buresh, R. J., Quilty, J. R., Correa Jr, T. Q., Sandro, J. M., & Centeno, C. A. R. (2014). Measuring methane flux from irrigated rice fields by eddy covariance method using open-path gas analyzer. **Field Crops Research**, 160, 12-21.

Anapalli, S. S., Pinnamaneni, S. R., Reddy, K. N., Wagle, P., & Ashworth, A. J. (2023). Eddy covariance assessment of alternate wetting and drying floodwater management on rice methane emissions. **Heliyon**, 9(4).

Barman, U., & Choudhury, R. D. (2022). Smartphone image based digital chlorophyll meter to estimate the value of citrus leaves chlorophyll using Linear Regression, LMBP-ANN and SCGBP-ANN. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, 34(6), 2938-2950.

camerafv5 (2012), Accessed 18 October 2022. Available from: https://www.camerafv5.com/

Gross, J. (2012). **Pigments in Vegetables: Chlorophylls and Carotenoids**. สหราชอาณาจักร. Springer US.

Huang, Z. A., Jiang, D. A., Yang, Y., Sun, J. W., & Jin, S. H. (2004). Effects of nitrogen deficiency on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzymes in leaves of rice plants. **Photosynthetica,** 42(3), 357-364.

Hunt, E. R., Doraiswamy, P. C., McMurtrey, J. E., Daughtry, C. S., Perry, E. M., & Akhmedov, B. (2013). A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 21, 103-112.

Inskeep, W. P., & Bloom, P. R. (1985). Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% acetone. **Plant Physiology**, 77(2), 483-485.

Jiang, J., Cai, W., Zheng, H., Cheng, T., Tian, Y., Zhu, Y., ... & Yao, X. (2019). Using digital cameras on an unmanned aerial vehicle to derive optimum color vegetation indices for leaf nitrogen concentration monitoring in winter wheat. **Remote Sensing**, 11(22), 2667.

Liu, X., Zhang, K., Zhang, Z., Cao, Q., Lv, Z., Yuan, Z., ... & Zhu, Y. (2017). Canopy chlorophyll density based index for estimating nitrogen status and predicting grain yield in rice. **Frontiers in Plant Science**, 8, 1829.

Meyer, G. E., & Neto, J. C. (2008). Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications. **Computers and electronics in agriculture**, 63(2), 282-293.

Mirco Migliavacca, M. Galvagno, M. Cremonese, E. Rossini, M. Meroni, M. Sonnentag, O. et al.. (2011). Using digital repeat photography and eddy covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO2 uptake. **Agricultural and Forest Meteorology**, 1325-1337.

Mohan, P. J., & Gupta, S. D. (2019). Intelligent image analysis for retrieval of leaf chlorophyll content of rice from digital images of smartphone under natural light. **Photosynthetica**, 57(2).

Moran, R., & Porath, D. (1980). Chlorophyll determination in intact tissues using N, N–dimethylformamide. **Plant physiology**, 65(3), 478–479.

Panya, M., Macatangay, R., Bran, S. H., Tawiang, T., Suwannapat, P., Sanwangsri, M., ... & Supasri, T. (2024). Carbon Dioxide and Methane Flux Analysis of Jasmine Rice Paddy Fields in Phayao, **Northern Thailand**. Northern Thailand.

Porra, R. J., Thompson, W. A., & Kriedemann, P. E. (1989). Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics**, 975(3), 384–394.

Tao, G., Jia, K., Wei, X., Xia, M., Wang, B., Xie, X., ... & Zhang, X. (2021). Improving the spatiotemporal fusion accuracy of fractional vegetation cover in agricultural regions by combining vegetation growth models. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, 101, 102362.

Wang, Y., Wang, D., Shi, P., & Omasa, K. (2014). Estimating rice chlorophyll content and leaf nitrogen concentration with a digital still color camera under natural light. **Plant methods**, 10(1), 36.

Wellburn, A. R. (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of plant physiology**, 144(3), 307–313.

Yadav, S., Ibaraki, Y., & Gupta, S. D. (2020). Estimation of chlorophyll content in leaves using RGB digital images and spectral analysis. **Photosynthetica**, 58(3), 857–865.

Zhang, D., Mansaray, L. R., Jin, H., Sun, H., Kuang, Z., & Huang, J. (2018). A universal estimation model of fractional vegetation cover for different crops based on time series digital photographs. **Computers and Electronics in Agriculture**, 151, 93–103.

การประเมินความหลากหลายโดยใช้อนุกรมวิธานเชิงบูรณาการของวงศ์อึ่งกราย (Megophryidae) ในบางพื้นที่ของภาคเหนือ

Species diversity Assessment by integrative taxonomy of Horned frogs (family Megophryidae) in some areas of Northern Thailand

พิชชาภรณ์ อธิษฐ์โภคินโชค[1], แสงวิไล ลอแพงสี[2] และ ฉัตรมงคล สุวรรณภูมิ[1*]

Pitchaphon Athitphokinchok[1], Sengvilay Lorphengsy[2] and Chatmongkon Suwannapoom[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน พบวงศ์อึ่งกราย (Megophryidae) จำนวน 4 สกุล 6 ชนิด *ได้แก่ Leptobrachium huashen*, *Leptobrachella eos*, *Leptobrachella minima*, *Ophryophryne pachyproctus*, *Megophrys major* และ *Boulenophrys parva* โดยมีการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยา และข้อมูลอนุกรมวิธานเชิงเปรียบเทียบอย่างละเอียด ซึ่งสะท้อนถึงความหลากหลายเชิงวิวัฒนาการของกลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในพื้นที่สูงของภาคเหนือ โดยเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างสปีชีส์ใกล้เคียงในสกุล *Leptobrachella* และ *Xenophrys* ซึ่งแสดงรูปแบบการกระจายและความหลากหลายที่มีความเฉพาะถิ่นสูง โดยพื้นที่ป่าส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติดอยภูคาเป็นป่าดิบเขาที่มีความชื้นสูงตลอดปี และบริเวณใกล้ลำธารภูเขา *Leptobrachium huashen* เป็นตัวอย่างสำคัญของสปีชีส์ที่พบในป่าบริเวณภูเขาที่ชื้นเย็น และสืบพันธุ์ในแหล่งน้ำนิ่งหรือธารน้ำไหลเอื่อยในป่าดิบเขาลักษณะพื้นที่ดังกล่าวสอดคล้องกับรูปแบบถิ่นอาศัยของชนิดอื่นในวงศ์ Megophryidae ที่มักพบบริเวณที่มีเศษซากใบไม้ทับถม ใต้ก้อนหินบริเวณลำธาร และพื้นที่ที่มีความชื้นสูงตลอดปี ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า วงศ์อึ่งกรายในพื้นที่วิจัยนี้มีความหลากหลายสูงและประกอบด้วยชนิดที่มีความสำคัญทางอนุกรมวิธาน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญต่อการอนุรักษ์สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ภูเขาตอนบนของประเทศไทย

คำสำคัญ: อุทยานแห่งชาติภูคา, อึ่งกราย, สัณฐานวิทยา, อนุกรมวิธาน, ความหลากหลายทางพันธุกรรม

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Division of Fisheries, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] Master of Science in Biotechnology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author email: chatmongkonup@gmail.com

Abstract

Species diversity of amphibian in Doi Phu Kha National Park, Nan Province, revealed 4 genera and 6 species of frogs (Megophryidae), namely *Leptobrachium huashen*, *Leptobrachella eos*, *Leptobrachella minima*, *Ophryophryne pachyproctus*, *Megophrys major*, and *Boulenophrys parva*. Detailed analyses of morphological characteristics and comparative taxonomic data were conducted, revealing a high level of evolutionary diversity among amphibians inhabiting high-elevation areas of northern Thailand. Particular emphasis was placed on the relationships among closely related species within the genera *Leptobrachella* and *Xenophrys*, which exhibit distinct distribution patterns and a high degree of local endemism. Most of the forest areas in Doi Phu Kha National Park are montane evergreen forests with high humidity throughout the year and areas near mountain streams. *Leptobrachium huashen* is an important example of a species found in cool, humid montane forests. and reproduce in still water or slow-moving streams in montane rainforests. These habitat patterns are consistent with the habitat patterns of other species in the Megophryidae family, which are often found in areas with accumulated leaf litter, under rocks in streams, and in areas with high humidity all year round. The results of the study indicate that the frog family in this research area is highly diverse and consists of taxonomically important species, which is important basic information for amphibian conservation and biodiversity assessment in the upper mountain areas of Thailand.

Keywords: Doi Phu Kha National Park, Megophryidae, Morphology, Taxonomy, Genetic diversity

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณภูมิอากาศร้อนและมีลักษณะทางภูมิประเทศที่มีแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพสูง พื้นที่ป่าอนุรักษ์ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะมีการศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ป่าที่พบในพื้นที่ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจัดเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศ เนื่องจากเป็นดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของสภาพแวดล้อม (Suwannapoom et al., 2018) และเป็นองค์ประกอบหลักของห่วงโซ่อาหาร พื้นที่ภูเขาสูงทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตป่าดิบเขาที่มีความชื้นสูงตลอดปี จัดเป็นแหล่งความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ (Biodiversity Hotspot) สำหรับสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก โดยเฉพาะกบในวงศ์ Megophryidae ซึ่งมีชื่อเสียงในด้านรูปแบบการกระจายตัวที่จำกัดเฉพาะถิ่น (Highly Localized Distribution) และมีความหลากหลายทางวิวัฒนาการสูง

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจัดอยู่ใน Class Amphibia (8,981 ชนิด), Order Anura (7,914 ชนิด), Family Megophryidae (365 ชนิด) แบ่งออกเป็น 2 วงศ์ย่อย ได้แก่ วงศ์ย่อย *Leptobrachiinae* มี 4 สกุล 212 ชนิด และวงศ์ย่อย *Megophryinae* 10 สกุล 153 ชนิด (Amphibian species of the world. 2025)

การศึกษาด้านอนุกรมวิธารสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในปัจจุบันใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวในการจัดจำแนกซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการระบุชนิดพันธุ์ในบางกลุ่มที่มีความซับซ้อน (Species complex) และชนิดซ้อนเร้น (Cryptic species) ยกตัวอย่างเช่น *Megophrys major* อึ่งกรายห้วยใหญ่, *Leptobrachella minima* อึ่งกรายแคระ, *Leptobrachium huashen* อึ่งกรายตาขาว เป็นต้น

อุทยานแห่งชาติดอยภูคา (Doi Phu Kha National Park) เป็นภูเขาที่สูงที่สุดของจังหวัดน่าน โดยมีความสูง 1,910 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะทั่วไปเป็นภูเขาหิน และหินปนทราย โดยในพื้นที่ป่าแห่งนี้ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารชั้น1A ที่อุดมสมบูรณ์ (Frost, 2021) ตั้งอยู่ในบริเวณเทือกเขาหลวงพระบาง ซึ่งถือเป็นปลายสุดของเทือกเขาหิมาลัย จึงเป็นเสมือนรอยต่อของป่าเขตร้อน กับป่าเขตอบอุ่น ทำให้เป็นพื้นที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีระบบนิเวศที่หลากหลาย (Frost, 2021) จากการสันนิษฐานคาดว่า น่าจะมีความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกกระจายอย่างกว้างขวางที่สำคัญยังไม่มีคนศึกษาในพื้นที่แห่งนี้มาก่อน ดังนั้นจึ่งสมควนอย่างยิ่งแก่การศึกษาความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในพื้นที่แห่งนี้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อใช้อนุกรมวิธานเชิงบูรณาการในการประเมินความหลากหลายของสัตว์ในวงศ์อึ่งกราย (Megophryidae) ในบางพื้นที่ของภาคเหนือ

วิธีการศึกษา

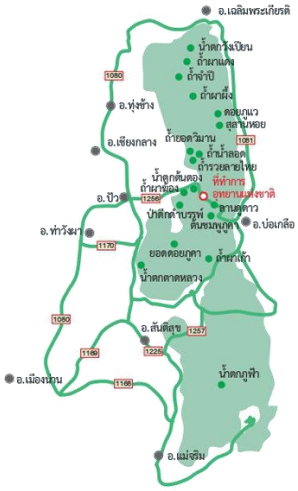
การสำรวจและการเก็บตัวอย่างสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

1. การสำรวจและการเก็บตัวอย่างสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก โดยเก็บตัวอย่างทั้งกลางวันและกลางคืน สำหรับกลางคืนใช้วิธีใช้ไฟฉายส่องหาตัวอย่างสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกเก็บตัวอย่างให้ได้มากที่สุด ด้วยใช้การเดินสำรวจตามเส้นทางลำห้วย สำหรับการบันทึกข้อมูลจะบันทึกช่วงเวลาและพิกัดที่เจอตัวอย่าง ทำการสำรวจ ป่าดิบเขตร้อน และป่าเบญจพรรณ (Suwannapoom et al., 2018) วิธีนี้ทำให้สามารถเดินสำรวจเข้าไปในจุดที่กำหนดเพื่อสำรวจสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกได้ทั้งหมด หรือทำการสุ่มพื้นที่ที่มีความเหมาะสมที่จะเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

2. บันทึกข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา และรายละเอียดต่างๆที่มีความสำคัญต่อการนำมาใช้ในการจำแนกชนิด เช่น ระบบนิเวศวิทยา ลักษณะที่อยู่อาศัย ความสูงจากน้ำทะเล ความลาดชันของพื้นที่ป่า ลักษณะของป่า และสภาพแวดล้อมโดยรวม

3. ถ่ายภาพสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและบริเวณโดยรอบที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์แต่ละชนิด จากนั้นทำการจับพิกัดทางภูมิศาสตร์สำหรับสำรวจแต่ละแห่งด้วยเครื่อง Gamin GPS โดยพิกัดจะถูกบันทึกเป็นละติจูดและลองติจูดเป็นองศาทศนิยม จนถึงการระบุสายพันธุ์ และชื่อสามัญภาษาอังกฤษของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกตามแบบของ (Suwannapoom et al., 2021)จากนั้นทำการวัดชนิดของตัวอย่างช่วงโตเต็มวัยโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในการจำแนกชนิด เมื่อทราบชนิดแล้วส่วนหนึ่งทำการปล่อยคืนสู่ธรรมชาติและอีกส่วนจะนำมาศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะทำการศึกษาชนิดละ 3–5 ตัวอย่าง ซึ่งการเก็บตัวอย่างต้องแยกแต่ละตัวอย่างระหว่างตัวอย่างที่มีพิษและตัวอย่างที่ไม่มีพิษเพื่อรักษาสภาพ

4.รวบรวมข้อมูลสำหรับตัวอย่างแต่ละสายพันธุ์ที่พบในระหว่างการสำรวจ เช่น สถานที่ วัน เวลา สภาพอากาศ บริเวณที่พบแหล่งที่อยู่อาศัย และชนิดพันธุ์ของตัวอย่างที่พบ นอกจากนี้จะทำการบันทึกอนุกรมวิธานของตัวอย่าง และข้อมูลทางสัณฐานวิทยาของตัวอย่างที่ถูกจับระว่างการสำรวจภาคสนาม



ภาพที่ 1 แผนที่ในการศึกษาสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ประเทศไทย

แหล่งที่มา: หนังสือที่สุดอุทยานแห่งชาติในประเทศไทย สำนักอุทยานแห่งชาติ

การวิเคราะห์ทางลักษณะสัณฐานวิทยา

การวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา การวัดนับขนาดของตัวอย่างสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ตามแบบของ (Suwannapoom et al., 2019) โดยใช้เครื่องวัด digital calipers ใน 24 ตำแหน่ง (ตารางที่ 1) ด้วยความถูกต้องและแม่นยำ ตัวอย่างหลังจากการตรึงในฟอร์มาลิน 10% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาในเอทานอล 70% ค่อนข้างแตกต่างจากตัวอย่างสด ซึ่งมีการหดตัวเพราะเป็นไปไม่ได้ที่จะทำการวัดค่าในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายตัวอย่างสด ที่ครั้งละหลาย ๆ ตัวในทีเดียว ดังนั้นจึงทำการวัดตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ในเอทานอล 70% ในห้องปฏิบัติการ characters

ตารางที่ 1 การวัดขนาดแบบ morphometric มาตรฐานกับตัวอย่างที่ศึกษา

ตัวย่อ	ความหมาย	คำอธิบาย
SVL	Snout–vent length	ความยาวจากปลายปากถึงรูก้น
HL	Head length	ความยาวของส่วนหัว
SL	Snout–length	ความยาวของจมูก
EL	Eye length	ความยาวของตา
N–EL	Nostril–eyelid length	ความยาวรูจมูก – เปลือกตา
HW	Head width	ความกว้างของศีรษะ
IND	Internarial distance	ความกว้างระหว่างรูจมูก
IOD	Interorbital distance	ระยะห่างระหว่างตา วัดจากขอบด้านใน
UEW	Upper eyelid width	ความกว้างของเปลือกตา

ตัวย่อ	ความหมาย	คำอธิบาย
FLL	For climb length	ความยาวของแขน
LAL	Lower arm length	วัดจากข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ
HAL	Hand length	ความยาวของมือ
1FL	First finger length	ความยาวนิ้วมือแรก
IPTL	Inner palmar tubercle length	ความกว้างของตุ่มหรือปุ่มในมือด้านใน
OPTL	Outer palmar tubercle length	ความกว้างของตุ่มหรือปุ่มที่มือด้านนอก
3FDD	Third finger disk diameter	เส้นผ่านศูนย์กลางปลายนิ้วมือที่สาม
HLL	Hind limb length	ความยาวของขาหลัง
TL	Tibia length	ความยาวแข้ง
FL	Foot length	ความยาวของเท้า
IMTL	Inner metatarsal tubercle length	ความยาวของ tubercle metatarsal ด้านใน
1TOEL	first toe length	ความยาวของนิ้วเท้าแรก
4TDD	fourth toe disk diameter	เส้นผ่านศูนย์กลางปลายนิ้วเท้าที่สี่
TD	tympanum–eye distance	ความกว้างของแก้วหู
OMTL	Outer metatarsal tubercle length	ความยาวของ tubercle metatarsal ด้านนอก

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาสำรวจพบชนิดสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในบริเวณเส้นทางสำรวจ อุทยานแห่งชาติดอยภูคา อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน พบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกวงศ์ฮึ่งกราย (Megophryidae) ทั้งสิ้น 4 สกุล 6 ชนิด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 วงศ์ฮึ่งกราย (Megophryidae) ที่พบในอุทยานแห่งชาติดอยภูคา

Order	Family	Species
Anurans	Megophryidae	*Leptobrachella eos*
		Leptobrachella minima
		Leptobrachium huashen
		Ophryophryne pachyproctus
		Megophrys major
		Boulenophrys parva

จากการสำรวจพบว่าลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่จุดสำรวจทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีความแตกต่างกันแต่พบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่มีความคล้ายคลึงกันทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง ดังตารางที่ 3 ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้พบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในวงศ์อึ่งกราย (Megophryidae) โดยจุดสำรวจที่ 1 พบ 6 ชนิด จุดสำรวจที่ 2 พบ 6 ชนิด และจุดสำรวจที่ 3 พบ 5 ชนิด

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในวงศ์อึ่งกราย (Megophryidae) ที่พบมากที่สุดได้แก่ *Ophryophryne pachyproctus* พบจำนวน 21 ตัว จุดสำรวจที่ 1 พบ11 ตัว จุดสำรวจที่ 2 พบ 7 ตัว และจุดสำรวจที่ 3 พบ 3 ตัว *Leptobrachella minima* พบใน 3 เส้นทางโดยเส้นทางสำรวจที่ 3 พบมากที่สุด 10 ตัว รองลงมาจุดที่ 1 พบ 8 ตัว ส่วนจุดที่สำรวจที่ 2 พบ 6 ตัว

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนบัญชีรายชื่อชนิดสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในวงศ์อึ่งกราย (Megophryidae) ที่พบในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน

Family	Species	จุดสำรวจที่ 1	จุดสำรวจที่ 2	จุดสำรวจที่ 3
Megophryidae	*Leptobrachella eos*	√	√	√
	Leptobrachella minima	√	√	√
	Leptobrachium huashen	√	√	
	Ophryophryne pachyproctus	√	√	√
	Megophrys major	√	√	√
	Boulenophrys parva	√	√	√

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

Rosy Litter Frog: *Leptobrachella eos* (Ohler, Wollenberg, Grosjean, Hendrix, Vences, Ziegler, and Dubois, 2011)

เป็นกบที่มีขนาดเล็ก โดยทั่วไปตัวเต็มวัยมี SVL 32.7–35.1 มม. หัวกว้างปานกลาง รูปทรงค่อนข้างรี ปลายจมูกมนไม่ยื่นยาว ตาโตเด่น มีม่านตาสีทอง–ทองแดง (ภาพที่ 2) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของกลุ่มนี้ ขอบริมตาและบริเวณระหว่างตาเรียบ ขาหน้าค่อนข้างสั้น ปลายนิ้วมือและนิ้วเท้ามีลักษณะกลมไม่มีแผ่นดูด (disc) ขนาดใหญ่ แต่มีตุ่มปลายนิ้วเล็ก ๆ ช่วยยึดเกาะเยื่อพังผืดที่นิ้วเท้าน้อยหรือแทบไม่มี ลำตัวสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลแดง มักมีผิวหนังที่มีปุ่มเล็กๆ คล้ายเม็ดทราย (granular tubercles) กระจายอยู่ โดยไม่มีรอยพับของต่อม (glandular folds) ที่บริเวณด้านข้างลำตัวมักมี จุดใหญ่สีดำ (irregular dark spots) บนพื้นสีอ่อน อาจมีสีสันที่โดดเด่น เช่น มีสีส้มหรือชมพู (ตามชื่อ Rosy) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญในการแยกชนิด ขาดฟันบนกระดูกเพดานปาก (vomerine teeth) มีปุ่มกระดูกฝ่ามือด้านใน (inner metacarpal tubercle) มีต่อมขนาดใหญ่ที่รักแร้และต้นขา



ภาพที่ 2 *Leptobrachella eos*

Small Litter Toad: *Leptobrachella minima* (Taylor, 1962)

อึ่งกรายแคระเป็นกบที่มีขนาดเล็กถึงเล็กมาก ตัวโตเต็มวัยขนาด SVL 21.1–36.1 มม. ตัวเมียมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้โดยเฉลี่ยเพศเมียอาจอยู่ที่ประมาณ SVL 18–23 มม. ลำตัวเพรียว หัวค่อนข้างแคบและยาว ปลายจมูกมน ไม่มีส่วนยื่นยาว ตาขนาดปานกลาง ม่านตาเป็นสีทอง–ทองแดงอ่อน ตาใหญ่เมื่อเทียบกับขนาดลำตัว สันกระดูกระหว่างตาไม่เด่น ไม่มีเดือยหรือปุ่มแข็ง ผิวด้านหลังมีตุ่มเล็ก (granular) กระจายตัวทั่วหลัง สีลำตัวน้ำตาลอมเทาหรือเหลืองหม่น ลายหลังไม่เด่นชัด อาจเป็นปื้น ท้องสีขาวอมครีม อาจมีจุดดำเล็ก ๆ กระจายทั่ว (ภาพที่ 3) ผิวด้านท้องเรียบมากกว่าด้านหลัง แขนและขามีความเพรียว ไม่หนา นิ้วเรียวยาว ไม่มีพังผืด นิ้วเท้า ไม่มีพังผืดระหว่างนิ้ว หรือมีเพียงเล็กน้อย ปลายนิ้วเท้ามีตุ่มเล็ก ๆ (digit tips) ใช้ยึดเกาะบนใบไม้และพื้นดินชื้น ต้นขาด้านใน (inner thigh) อาจมีจุดกระด่างเล็ก ๆพบในประเทศไทย (เช่น อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ–ปุย) ลาว และเวียดนาม มักอาศัยอยู่ตามลำธารขนาดเล็กถึงปานกลางในป่าดิบเขา มีความคล้ายคลึงกับ *Leptobrachella eos* และสมาชิกอื่นในสกุล แต่จะแยกแยะจากชนิดอื่นด้วยขนาดตัวที่เล็กกว่าอย่างชัดเจน รูปแบบของพังผืดที่นิ้วเท้า (webbing) และร่องขอบ (fringing) บนนิ้วเท้า และลักษณะของผิวหนังส่วนท้อง



ภาพที่ 3 *Leptobrachella minima*

White-eyed Litter Frog: *Leptobrachium huashen* (Fei and Ye, 2005)

อึ่งกรายตาขาวเป็นกบขนาดกลาง ตัวผู้ที่โตเต็มวัยขนาด SVL 41.4–58.8 มม. ในตัวเมียตัวเต็มวัย SVL 54.7–58.6 มม. ส่วนหัวกว้างและแบนราบ ทำให้ลักษณะหัวดูเด่นชัดเมื่อมองด้านหน้า ดวงตาใหญ่มากเมื่อเทียบกับขนาดลำตัว และสีม่านตาชัดเจน โดยม่านตามักมีสีขาวหรือ สีเหลืองอ่อน ไม่มีเดือยหรือสันแข็งเหนือดวงตา ปลายจมูกโค้งมนเล็กน้อย ไม่แหลม ลำตัวอวบและกว้าง เส้นหลังลาดลง ลำตัวสีน้ำตาลเข้มหรือเทา มีจุดหรือปื้นดำ หลังมีสีน้ำตาลอ่อนมีจุดสีน้ำตาลเข้ม ผิวหลังมี ตุ่มปุ่ม (tubercles) ขนาดเล็ก–กลาง กระจายทั่วหลัง ทำให้ผิวมีลักษณะขรุขระ ผิวหนังด้านข้างมีลักษณะเป็นตุ่มละเอียดหนาแน่น ท้องสีอ่อนกว่า มักมีลวดลายจุดหรือเม็ดเรียงเป็นปื้น นิ้วที่หนึ่งยาวกว่านิ้วที่สี่ (I > IV) (ภาพที่ 4) ขาหลัง ไม่มีแผ่นพังผืดระหว่างนิ้ว (webbing) ปลายนิ้วเป็นตุ่มกลมเล็ก ๆ (rounded finger tips)



ภาพที่ 4 *Leptobrachium huashen*

Zhushihe mountain toad: *Ophryophryne pachyproctus* (Lyu, Zeng, Wang, Liu, Huang, Li, and Wang, 2021)

อึ่งกรายปากแคบเป็นกบขนาดตัวปานกลางตัวผู้ที่โตเต็มวัยขนาด SVL 28.6–33.4 มม. ในตัวเมียตัวเต็มวัย SVL 38.4–40.2 มม. ลำตัวค่อนข้างแบนและกว้าง เพื่อช่วยในการพรางตัวบนพื้นป่าและใบไม้แห้ง หัวมีลักษณะค่อนข้างกว้าง มีจมูกสั้นและปากแคบ ดวงตาใหญ่นูนออกไปด้านข้างและด้านบน มีสันหรือตุ่มเหนือดวงตา (horn-like tubercles) (ภาพที่ 5) ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของอึ่งกรายในตระกูลนี้ แก้วหู (Tympanum) กลม มองเห็นได้ชัดเจน ผิวหนังด้านหลังไม่เรียบสนิท แต่มีตุ่มเล็กจำนวนหนึ่งกระจายทั่ว เพื่อเพิ่มความพรางตัวกับพื้นพืชล้มตายในป่าดิบ ผิวหนังด้านบนเป็นปุ่มนูน (tuberous) มีปุ่มขนาดใหญ่และเล็กปะปนกัน ลายและรูปลักษณ์โดยรวมมักเป็นโทนน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ซึ่งช่วยให้ยากต่อการมองเห็นในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ



ภาพที่ 5 *Ophryophryne pachyproctus*

Large Horned Frog: *Megophrys major* (Boulenger, 1908)

อึ่งกรายห้วยใหญ่เป็นกบขนาดกลางถึงใหญ่ โดยทั่วไปตัวเต็มวัยมีขนาด SVL 68–94 มม. โดยตัวเมียมักมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้เล็กน้อย ลำตัวค่อนข้างแบนและกว้างเมื่อเทียบกับอึ่งทั่วไป ช่วยให้พรางตัวเป็นใบไม้แห้งบนพื้นป่า หัวค่อนข้างแบนและกว้าง โดยมีตุ่มหรือเดือยหนังเด่นบริเวณขอบเปลือกตาและเหนือดวงตา ซึ่งให้ลักษณะคล้ายเขาเล็ก ๆ (supraorbital horns) (ภาพที่ 6) จมูกตัดตรง ปลายค่อนข้างแหลมเล็กน้อย และปากกว้าง ปลายปากแหลมปานกลาง ลิ้นมีลักษณะคล้ายรูปพาย (paddle-shaped tongues) แก้วหู (Tympanum) กลม ขนาดค่อนข้างใหญ่ อาจเล็กกว่าขนาดตาเล็กน้อย ถูกล้อมด้วยรอยพับหนา (supratympanic fold) ผิวหนังมีรอยพับที่ผิวหนัง (dorsolateral folds) และปุ่ม (tubercles) ที่ทำให้ดูคล้ายใบไม้แห้ง หลังมีสันนูน (vertebral ridge) เป็นช่วง ๆ สีลำตัวน้ำตาลเข้มหรือเทาเข้ม ลวดลายหลังเป็นปื้นเข้มไม่เป็นรูปแบบชัดซึ่งช่วยพรางตัวกับพื้นใบไม้และเศษไม้ในป่า นิ้วเท้าไม่มีพังผืดเด่น (webbing) ปลายนิ้วมีตุ่มกลมเล็ก ๆ ลักษณะมน ขาหลังอาจมีแถบสีเข้มพาดเป็นแนวขวาง (cross-bars) ช่วยพรางตัวในกองใบไม้ ๆพบในประเทศไทย พม่า ลาว และเวียดนาม (ปิยวรรณ นิยมวัน และคณะ ,2565) พบกระจายตัวตั้งแต่ภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ลงไปถึงภาคใต้ตอนบน



ภาพที่ 6 *Megophrys major*

Small Horned Toad: *Boulenophrys parva* (Dubois, Ohler, and Pyron, 2021)

อึ่งกรายห้วยเล็กเป็นกบขนาดเล็กถึงปานกลาง โดยทั่วไปตัวเต็มวัยมี SVL 35–45 มม. ตัวค่อนข้างเล็กเมื่อเทียบกับกบภูเขาสกุลอื่น ลำตัวกว้างเล็กน้อยเมื่อเทียบกับหัว แต่ไม่ใหญ่เทียบกับหลายชนิดในตระกูลหัวมีลักษณะ สามเหลี่ยมกว้าง เมื่อมองด้านบน มีเดือยหนังเล็ก ๆ เหนือดวงตา (supraorbital tubercles) (ภาพที่ 7) ดวงตาขนาดปานกลาง ม่านตาสีน้ำตาล–ทอง ปลายปากแคบเล็กน้อยและลาดลงด้านหน้า สันกระดูกเหนือปากไม่เด่นชัด จมูกค่อนข้างสั้นและตรง ผิวหลังมี ตุ่มละเอียด (granular–tuberculate) กระจายทั่ว ลวดลายหลังมีทั้ง ปื้นสีเข้ม หรือ ลายเบลอ (irregular blotches) มีลักษณะสีพื้นโทนสีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนเทา ด้านข้างลำตัวมีจุดหรือปื้นสีเข้มประปราย ท้องมีสีเทาอ่อนหรือสีครีมผิวเรียบกว่า และมีจุดดำขนาดเล็กบางส่วน นิ้วเท้า ไม่มีพังผืดเด่น ปลายนิ้วเป็นตุ่มมน (rounded digit tips) ขามักมีแถบเข้มเป็นริ้วขวาง



ภาพที่ 7 *Boulenophrys parva*

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกวงศ์อึ่งกราย (Megophryidae) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน พบชนิดสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในวงศ์ดังกล่าวจำนวนทั้งสิ้น 4 สกุล 6 ชนิด ได้แก่ *Leptobrachium huashen*, *Leptobrachella eos*, *Leptobrachella minima*, *Ophryophryne pachyproctus*, *Megophrys major* และ *Boulenophrys parva* ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายของอึ่งกรายในพื้นที่ภูเขาสูงทางภาคเหนือของประเทศไทยอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในระบบนิเวศป่าดิบเขาที่มีความชื้นสูงตลอดปีและมีลำธารภูเขาเป็นองค์ประกอบสำคัญของถิ่นอาศัย

ผลการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาพบว่า ชนิดในสกุล *Leptobrachella* มีความแตกต่างเชิงสัณฐานที่สามารถใช้จำแนกชนิดได้ค่อนข้างชัดเจน โดย *Leptobrachella eos* มีขนาดลำตัวเฉลี่ยใหญ่กว่าและมีลักษณะสีสันเฉพาะ เช่น โทนสีชมพูหรือส้มอ่อน ขณะที่ *Leptobrachella minima* มีขนาดเล็กกว่า ลำตัวเพรียว และมีพังผืดที่นิ้วเท้าน้อยหรือแทบไม่มี ความแตกต่างดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางพันธุกรรมที่แสดงความตรงกันสูงกับฐานข้อมูลอ้างอิง ซึ่งยืนยันความถูกต้องของการจำแนกชนิดด้วยลักษณะสัณฐานวิทยาในพื้นที่ศึกษา

สำหรับสกุล *Xenophrys* พบว่าชนิด *Megophrys major* และ *Boulenophrys parva* แสดงลักษณะเด่นของการปรับตัวเพื่อการพรางตัวในชั้นใบไม้ทับถมบนพื้นป่า เช่น ลักษณะลำตัวแบน สีสันและลวดลายที่คล้ายใบไม้แห้ง รวมถึงการมีเดือยหรือปุ่มเหนือดวงตา ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของอึ่งกรายในสกุลนี้ อย่างไรก็ตาม ความใกล้เคียงทางสัณฐานระหว่างชนิดในสกุล *Xenophrys* สะท้อนถึงความซับซ้อนทางอนุกรมวิธาน และสนับสนุนแนวคิดว่าการใช้ข้อมูลสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอในการจำแนกชนิดในกลุ่มที่มีชนิดซ้อนเร้น (cryptic species)

การกระจายตัวของชนิดอึ่งกรายที่พบส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับแหล่งน้ำและพื้นที่ที่มีความชื้นสูง เช่น บริเวณลำธารภูเขา ใต้ก้อนหิน และพื้นที่ที่มีเศษซากใบไม้สะสม โดย *Leptobrachium huashen* เป็นตัวอย่างสำคัญของชนิดที่พบในป่าดิบเขาที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำและมีความชื้นสูง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการกระจายพันธุ์ของชนิดนี้ในพื้นที่ภูเขาสูงของภูมิภาคอินโดจีน การพบชนิดที่มีการกระจายตัวจำกัดและมีความเฉพาะถิ่นสูง สะท้อนถึงบทบาทของอุทยานแห่งชาติดอยภูคาในฐานะแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ

โดยสรุป การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอุทยานแห่งชาติดอยภูคาเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกวงศ์ Megophryidae สูง และประกอบด้วยชนิดที่มีความสำคัญทางอนุกรมวิธานและเชิงวิวัฒนาการ ผลการศึกษาเน้นย้ำถึงความจำเป็นของการใช้องค์ความรู้ด้านอนุกรมวิธานเชิงบูรณาการที่ผสานข้อมูลสัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา และพันธุกรรม เพื่อการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพอย่างถูกต้อง ซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการวางแผนอนุรักษ์สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและระบบนิเวศภูเขาตอนบนของประเทศไทยในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีการศึกษา 2564 รวมถึงบุคลากรสาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการประมงคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลองตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

ปิยวรรณ นิยมวัน, ไพรวัลย์ ศรีสม และปริญญา ภวังคะนันท์. (2562). **สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในประเทศไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 1), ภาพพิมพ์.

ปิยวรรณ นิยมวัน, ไพรวัลย์ ศรีสม และปริญญา ภวังค์คะนันทน์. (2565). **สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกห้วยขาแข้ง** (พิมพ์ครั้งที่ 2). ภาพพิมพ์.

วรรณวิภา คงเจริญ. (2550). ความหลากชนิด และการแพร่กระจายระดับความสูงของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก บริเวณห้วยลำตะคองในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่, วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย.

สิริวดี ชมเดช. (2563). **การประยุกต์ใช้อณูพันธุศาสตร์ทางสัตว์วิทยา** (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่โรงพิมพ์ตองสามดีไซน์.

สวัสดิ์ วงศ์ถิรวัฒน์. (2541). **รายชื่อสัตว์ป่ามีกระดูกสันหลังในประเทศไทย**. กลุ่มนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

Frost DR. (2025). Amphibian species of the world: An Online Reference, ver. 6.2, American Museum of Natural History, New York. http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/

index.php. Accessed on: 2025-5-15. Lorphengsy, S., & Suwannapoom, C. (2022). An integrative Taxonomy Assessment for Species Diversity of Amphibians in Doi Phu Kha National Park, Nan Province (Doctoral dissertation, University of Phayao).

Pomchote, P., Khonsue, W., Thammachoti, P., Hernandez, A., Peerachidacho, P., Suwannapoom, C., ... & Nishikawa, K. (2020). A new species of Tylototriton (Urodela: Salamandridae) from Nan Province, northern Thailand. Tropical Natural History, 20(2), 144-161.

Suwannapoom, C., Sumontha, M., Tunprasert, J., Ruangsuwan, T., Pawangkhanant, P., Korost, D. V., & Poyarkov, N. A. (2018). A striking new genus and species of cave-dwelling frog (Amphibia: Anura: Microhylidae: Asterophryinae) from Thailand. PeerJ, 6, e4422.

การบูรณาการข้อมูลทางกายภาพ เคมี และอิมพีแดนซ์ เพื่อการประเมินคุณภาพและการจำแนกแหล่งที่มาของน้ำผึ้งดอกลำไย

Integrated Physical Chemical and Impedance Data for Quality Assessment and Source Identification of Longan Flower Honey

กมลชนก อ่อนบุญ[1], สิริวัฒน์ บุญชัยศรี[1], อัจฉรา แกล้วกล้า[2], ภัทรานิษฐ์ บุญของ[2], วินัย วิริยะอลงกรณ์[3], วัชรินทร์ จันทวรรณ[3] และเอกวิทย์ ตรีเนตร[2*]

Kamonchanok Onbun[1], Siriwat Boochaisri[1], Achara Kleawkla[2], Pattranit Boonkhong[2], Winai Wiriyaalongkorn[3], Watcharin Jantawan[3] and Ekawit Threenet[2*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติทางไฟฟ้าของน้ำผึ้งดอกลำไยจาก 8 แหล่งภูมิศาสตร์ (9 ยี่ห้อ) ในภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินคุณภาพและจำแนกแหล่งผลิตของน้ำผึ้ง ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพพบว่าค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 5.11–6.28 ค่าความหวานอยู่ในช่วงมาตรฐาน (75.1–79.3% บริกซ์) ขณะที่ค่าความชื้นส่วนใหญ่สูงกว่ามาตรฐาน ยกเว้นตัวอย่างจากภาคเหนือซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ค่าการนำไฟฟ้า (172.7–639.4 μS/cm) และปริมาณเถ้าทั้งหมดอยู่ในช่วงมาตรฐานที่กำหนด ในด้านสมบัติทางเคมีพบว่าปริมาณกรดรวมอยู่ระหว่าง 0.02–0.17% ฟีนอลิกรวมอยู่ในช่วง 31.55–96.66 mg GAE/ml โดยตัวอย่างจากจังหวัดในภาคเหนือ (ยี่ห้อดอยผาผึ้ง) มีค่าน้อยที่สุด ปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงกว่าค่ามาตรฐานทั่วไปของน้ำผึ้งทุกตัวอย่าง สะท้อนความแตกต่างด้านการเก็บรักษา น้ำตาลรีดิวซ์อยู่ในช่วง 0.02–0.36 mg/ml และค่าความสด (HMF) ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์ยกเว้นบางตัวอย่างที่สูงจากผลของความร้อนหรืออายุการเก็บรักษา ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระให้ค่า IC_{50} อยู่ระหว่าง 0.279–0.773 g/ml และในส่วนของการวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ด้วยเครื่อง LCR Meter (Keysight E4980A) พบว่าแต่ละตัวอย่างมีรูปแบบค่า Z_{re} และ Z_{im}

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[3]สาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Department of Biology, School of Science, University of Phayao, Phayao 56000

[2]Department of Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290

[3]Department of Fruit Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author : ekawit73@hotmail.com

แตกต่างกันอย่างชัดเจน สอดคล้องกับองค์ประกอบเคมี เช่น ปริมาณฟีนอลิก น้ำตาลรีดิวซ์ และความหนืด ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการนำไฟฟ้าโดยตรง น้ำผึ้งจากจังหวัดในภาคเหนือ (ยี่ห้อดอยผาผึ้ง) มีการนำไฟฟ้าเด่นที่สุด ขณะที่น้ำผึ้งจากจังหวัดอุตรดิตถ์ (น้ำริด) มีความต้านทานสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์เชิงไฟฟ้าสามารถใช้เป็นเครื่องมือเพิ่มเติมสำหรับตรวจสอบคุณภาพและแหล่งผลิตน้ำผึ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การวิเคราะห์อิมพีแดนซ์, น้ำผึ้งดอกลำไย, สมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางเคมี, แหล่งที่แตกต่างทางภูมิศาสตร์

Abstract

This study investigated the physicochemical and electrical properties of longan honey from eight geographical regions (nine brands) in Northern Thailand, aiming to provide data for quality assessment and source differentiation. Physicochemical analysis revealed pH values ranging from 5.11 to 6.28 and sweetness levels within the standard range (75.1–79.3°Brix), while most samples exhibited moisture content above the standard, except for those from Northern provinces, which were within acceptable limits. Electrical conductivity (172.7–639.4 μS/cm) and total ash content were within established standards. Chemical analysis showed total acidity ranging from 0.02–0.17%, total phenolics from 31.55–96.66 mg GAE/mL, with samples from Northern provinces (Doi Pha Phueng brand) exhibiting the lowest phenolic content. Ascorbic acid content exceeded general honey standards in all samples, reflecting differences in storage conditions. Reducing sugar ranged from 0.02–0.36 mg/mL, and freshness (HMF) was mostly below the standard, except for some samples affected by heat or storage duration. Antioxidant activity (IC_{50}) ranged from 0.279–0.773 g/mL. Impedance analysis using an LCR Meter (Keysight E4980A) revealed distinct Z_{re} and Z_{im} patterns for each sample, correlating with chemical composition, including phenolics, reducing sugars, and viscosity, which directly influence electrical behavior. Longan honey from Northern provinces (Doi Pha Phueng) showed the highest conductivity, whereas honey from Uttaradit province (Nam Rid brand) exhibited the highest resistance. These findings suggest that electrical analysis can serve as an effective complementary tool for honey quality assessment and geographical authentication.

Keywords: impedance analysis**,** longan flower honey, chemical properties, physicochemical properties, different geographical origin

บทนำ

น้ำผึ้งเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงน้ำหวานดอกไม้ผ่านเอนไซม์ภายในตัวผึ้งก่อนจะถูกกักเก็บและทำให้สุกภายในรวงผึ้งจนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ น้ำตาล กรดอินทรีย์

เอนไซม์ สารโพลีฟีนอล รวมถึงสารระเหย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดคุณสมบัติทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุลชีพ และต้านการอักเสบ (Pauliuc & Dranca, 2023; Kowalski et al., 2021) ในบรรดาน้ำผึ้งดอกเดี่ยว น้ำผึ้งดอกลำไย ถือเป็นน้ำผึ้งชนิดพรีเมียมที่สำคัญของประเทศไทย มีชื่อเสียงในด้านกลิ่นหอมเฉพาะ สีน้ำผึ้งเข้ม และปริมาณสารฟีนอลิกสูง โดยมีแหล่งผลิตสำคัญในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย (Jantakee et al., 2022) นอกจากนี้ ประเทศไต้หวันและเวียดนามก็เป็นผู้ผลิตน้ำผึ้งดอกลำไยที่สำคัญในภูมิภาคเอเชียเช่นกัน (Chuang et al., 2018; The Investor, 2023) ตลาดน้ำผึ้งโลกมีมูลค่ามากกว่า 3.2 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2023 ขณะที่ประเทศไทยส่งออกน้ำผึ้งราว 10,000–11,000 ตันต่อปี และเป็นหนึ่งในผู้ผลิตสำคัญของภูมิภาค (OEC, 2023; WITS, 2023) อย่างไรก็ตาม การปลอมปน การระบุชนิดดอกไม้ผิด รวมถึงการผสมกับน้ำผึ้งราคาต่ำยังคงเป็นปัญหาสำคัญในอุตสาหกรรม ส่งผลให้ความต้องการเทคนิคการพิสูจน์ความแท้ที่มีความแม่นยำสูงเพิ่มมากขึ้น (da Silva et al., 2022; Ferreiro et al., 2020) แม้ว่าการตรวจสอบคุณภาพที่ใช้กันทั่วไป เช่น pH ปริมาณน้ำตาล ความชื้น ค่าไฟฟ้านำ และ HMF จะมีมาตรฐานรองรับ (IHC, 2018) แต่เพียงเท่านี้ยังไม่เพียงพอในการจำแนกแหล่งที่มาของน้ำผึ้งดอกลำไยได้อย่างชัดเจน เนื่องจากค่าดังกล่าวอาจทับซ้อนกันระหว่างพื้นที่ผลิตที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน งานวิจัยสมัยใหม่จึงให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้เทคนิคขั้นสูง โดยเฉพาะการวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีต้นทุนต่ำ ใช้เวลาไม่นาน และสามารถสะท้อนความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมี เช่น แร่ธาตุ น้ำตาล กรดอินทรีย์ และสารฟีนอลิก ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมทางไฟฟ้าของน้ำผึ้งโดยตรง (Grossi & Ricco, 2017; Zhao et al., 2017) อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคนิคนี้กับน้ำผึ้งดอกลำไยอยู่จำกัด แม้ว่าจะมีศักยภาพสูงในการตรวจสอบคุณภาพและพิสูจน์แหล่งที่มา

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และพฤติกรรมทางไฟฟ้าของน้ำผึ้งดอกลำไยจาก 8 พื้นที่ผลิตในภาคเหนือของประเทศไทย (9 ยี่ห้อ) โดยผสานการวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ร่วมกับข้อมูลเชิงชีวเคมีและคุณภาพพื้นฐาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านี้ เพื่อสร้างกรอบการจำแนกน้ำผึ้งตามแหล่งภูมิศาสตร์ที่มีความแม่นยำสูง ผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้จะช่วยสนับสนุนระบบควบคุมคุณภาพ การตรวจสอบความแท้ และการยกระดับศักยภาพทางการค้าของน้ำผึ้งดอกลำไยไทยในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและชีวเคมีของน้ำผึ้งดอกลำไยจากหลายแหล่งภูมิศาสตร์
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมทางไฟฟ้าหรือ Electrical fingerprint ของน้ำผึ้งดอกลำไยจากหลายแหล่งภูมิศาสตร์
3. เพื่อสร้างองค์ความรู้เชิงวิชาการที่สามารถนำไปเผยแพร่ให้กับผู้ประกอบการเลี้ยงผึ้งและผลิตภัณฑ์น้ำผึ้ง

วิธีวิทยาการวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์

เครื่องวัดพีเอช, เครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์, เครื่องวัดการนำไฟฟ้า, เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ยูวี–วิซิเบิล (UV–Vis), เครื่องวัดค่าความเหนี่ยวนำ–คาปาซิแตนซ์–ความต้านทาน (LCR Meter), เครื่องชั่งเชิงวิเคราะห์, เตาเผามัฟเฟิล, อ่างควบคุมอุณหภูมิ, เครื่องไทเทรตแบบแมนนวลหรือดิจิทัล, แผ่นให้ความร้อน, ถาดทดสอบตัวอย่าง ขนาด 1 × 1.5 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร สำหรับการวิเคราะห์ด้วย LCR Meter, บีกเกอร์ ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร, ขวดตวงปริมาตร ขนาด 10, 50 และ 100 มิลลิลิตร, กระบอกตวง, หลอดทดลอง, คิวเวตต์ สำหรับเครื่อง UV–Vis, บิวเรต และขาตั้งบิวเรต, ปิเปตแบบตวงปริมาตร, ไมโครปิเปต และหัวทิป, กรวยแก้วหรือกรวยพลาสติก, ถ้วยครูซิเบิล (Crucible) สำหรับเผาปริมาณเถ้า, แท่งแก้วคนสาร, หลอดหยดหรือปิเปตแพสเตอร์, กระดาษกรอง Whatman No.1

2. สารเคมี

น้ำปราศจากไอออน, น้ำกลั่น, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N, สารละลายโฟลิน–ซิโอคอลเตว, โซเดียมคาร์บอเนต 10% w/v, กรดออกซาลิก 0.4% w/v, สารละลาย 2,6–ไดคลอโรฟีนอล–อินโดฟีนอล 0.04% w/v, สารรีดิวซ์ดีเอ็นเอส (DNS reagent), สารต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช 0.024 mg/ml (DPPH reagent), เมทานอล, สารละลายกลูโคสมาตรฐาน, ตัวอย่างน้ำผึ้ง

3. ตัวอย่างน้ำผึ้ง

เตรียมน้ำผึ้งดอกลำไยจากแหล่งที่แตกต่างทางภูมิศาสตร์จำนวน 8 แหล่ง (9 ยี่ห้อ) ได้แก่ น้ำผึ้งจากจังหวัดเชียงใหม่ (ยี่ห้อฮันนี่ดี และสุภาฟาร์ม) จังหวัดลำพูน (ยี่ห้อรวงทอง) จังหวัดในภาคเหนือ (ยี่ห้อดอยผาผึ้ง) จังหวัดหนองบัวลำภู (ยี่ห้อสุวรรณ) จังหวัดน่าน (ยี่ห้อรัตน์ดาฟาร์ม) จังหวัดพะเยา (ยี่ห้อผึ้งจ๋า) จังหวัดเชียงราย (ยี่ห้อบุษราคัม) และจังหวัดอุตรดิตถ์ (ยี่ห้อน้ำผึ้งน้ำริด) ดังรูปที่ 1

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้งดอกลำไย

ศึกษาค่าพีเอช (potential of hydrogen ion) (International Honey Commission, 2018) โดยเตรียมสารละลายน้ำผึ้งความเข้มข้น 10% w/v ชั่งน้ำผึ้งมา 10.00 g ในน้ำปราศจากไอออน 100.0 ml จากนั้นทดสอบค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง ค่าความหวาน (sweetness) (International Honey Commission, 2018) โดยหยดน้ำผึ้งลงบนเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer) และอ่านค่าที่ได้จากเครื่อง ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง ปริมาณความชื้น (moisture content) (International Honey Commission, 1990) โดยนำน้ำผึ้งไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส และหยดน้ำผึ้งลงบนเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ (refractometer) และอ่านค่าที่ได้จากเครื่อง ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) (International Honey Commission, 2018) โดยเตรียมน้ำผึ้งที่ความเข้มข้น 20% w/v ชั่งน้ำผึ้งมา 20.00 g ปรับปริมาตร 100.0 ml ด้วยน้ำปราศจากไอออน ทดสอบค่าการนำไฟฟ้าของน้ำผึ้งด้วยเครื่อง conductivity meter รุ่น 712 conductometer ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง และปริมาณเถ้า (ash content) (AOAC, 2000) โดยการชั่งน้ำผึ้ง 5.00 g มาบรรจุลงถ้วยครูซิเบิล นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง

4.2 การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำผึ้งดอกลำไย

ปริมาณกรดรวม (total acidity) (AOAC, 2000) โดยการชั่งน้ำผึ้ง 10.00 g เติมน้ำกลั่น 50.00 ml ผสมให้เข้ากัน นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N จนสารละลายมีค่า pH เท่ากับ 8.2 บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไป ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง ปริมาณฟีนอลิกรวม (total phenolic content) (Kosasu *et al.* 2015) โดยนำตัวอย่างน้ำผึ้งความเข้มข้น 0.2 g/ml โดยชั่งน้ำผึ้ง 0.2 g ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 1.00 ml ผสมเข้ากับสารละลาย Folin–ciocalteau's reagent ปริมาตร 1.00 ml ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 10% w/v ปริมาตร 1.00 ml เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรสุดท้าย 10.00 ml ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 nm ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง กรดแอสคอร์บิก (total ascorbic acid) (Ranganna, 1977) โดยการชั่งน้ำผึ้ง 10.00 g เติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 % w/v ปรับให้มีปริมาตรเป็น 100.0 ml ใน volumetric flask แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำสารละลายที่กรองได้มา 10.00 ml แล้วจึงนำไปไทเทรตกับสารละลาย 2,6–dichlorophenol–indophenol ความเข้มข้น 0.04% w/v ด้วยเครื่องไทเทรตจนถึงจุดยุติ จะได้สารละลายสีชมพูคงตัวประมาณ 15 วินาที ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reduce sugar) (Miller, 1959) โดยชั่งน้ำผึ้ง 1.00 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองและเติม DNS 1.00 ml ผสมให้เข้ากัน ต้มในน้ำเดือด 100 °C เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วโดยแช่ในอ่างน้ำแข็งเป็นเวลา 3–5 นาที เติมน้ำกลั่น 10.00 ml จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm ด้วยเครื่องยูวี–วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และนำค่าที่ได้ไปเทียบกราฟมาตรฐานกลูโคส ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง ปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟิวรัล (Hydroxymethylfurfural) (AOAC, 2000) โดยชั่งน้ำผึ้ง 5.00 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 25.00 ml จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 284 และ 336 nm ด้วยเครื่องยูวี–วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ทำการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) (Brand–Williams et al., 1995) โดยการเตรียมน้ำผึ้งที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.00 g/ml ลงในหลอดทดลอง ละลายด้วยเมทานอล 1.00 ml ปิเปตน้ำผึ้งแต่ละความเข้มข้นมาอย่างละ 0.80 ml เติม 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl เข้มข้น 0.024 mg/ml ปริมาตร 2.70 ml ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm โดยใช้ 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl เข้มข้น 0.024 mg/ml เป็น control sample (A_0)

4.3 การวิเคราะห์ค่าอิมพีแดนซ์

นำน้ำผึ้งและสารละลายมาตรฐานซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ และสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้น 1, 10, 100 และ 1000 ppm เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ตัวอย่างแต่ละชนิดถูกใส่ลงในถาดทดสอบ (testing chamber) ขนาด 1 × 1.5 x 1 เซนติเมตร และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LCR Meter (รุ่น Keysight E4980A, USA) ซึ่งสามารถวัดค่าความเหนี่ยวนำ (L) ค่าความจุไฟฟ้า (C) และค่าความต้านทาน (R) ในช่วงความถี่ระหว่าง 20 Hz ถึง 2 MHz ข้อมูลที่ได้จากการวัดจะถูกนำไปใช้สร้างกราฟ Nyquist plot เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำผึ้งแต่ละชนิด

ผลการศึกษา

1. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้งดอกลำไย

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้งดอกลำไยจาก 8 แหล่งภูมิศาสตร์ (9 ยี่ห้อ) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในค่าพีเอช ความหวาน ความชื้น ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณเถ้า โดยตัวอย่างที่โดดเด่นได้แก่ น้ำผึ้งจากจังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง) ซึ่งมีค่าความหวานสูงสุด (79.3±0.28% Brix) และความชื้นต่ำสุด(20.6±0.28%) ขณะที่น้ำผึ้งจากลำพูน (รวงทอง) มีค่าความหวานต่ำสุด (75.1±0.28% Brix) และปริมาณเถ้าสูงที่สุด (0.17±0.00%) ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงสุดที่น้ำผึ้งจากน่าน (รัตน์ดาฟาร์ม) ที่ 639.40±2.36 µS/cm และต่ำสุดที่น้ำผึ้งจากจังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง) (172.7±2.91 µS/cm) ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.11–6.28 โดยจังหวัดเชียงใหม่ (สุภาฟาร์ม) มีค่าพีเอชต่ำสุด และน้ำผึ้งจากจังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง) มีค่าพีเอชสูงสุด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้งดอกลำไยจากแหล่งที่แตกต่างทางภูมิศาสตร์ทั้ง 8 แหล่ง

แหล่งน้ำผึ้งทางภูมิศาสตร์	ค่าพีเอช (pH)	ค่าความหวาน (%Brix)	ปริมาณความชื้น (%)	ค่าการนำไฟฟ้า (µS/cm)	ปริมาณเถ้า (%)
จังหวัดเชียงใหม่ (ฮันนี่ดี)	5.32±0.04^{c}	78.0±0.00^{d}	22.0±0.00^{c}	382.8±3.21^{d}	0.11±0.00^{d}
จังหวัดเชียงใหม่ (สุภาฟาร์ม)	5.11±0.03^{a}	77.5±0.00^{c}	22.5±0.00^{d}	478.2±1.36^{h}	0.12±0.00^{e}
จังหวัดลำพูน (รวงทอง)	5.56±0.03^{d}	75.1±0.28^{a}	24.8±0.28^{f}	311.0±2.68^{b}	0.17±0.00^{h}
จังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง)	6.28±0.03^{e}	79.3±0.28^{f}	20.6±0.28^{a}	172.7±2.91^{a}	0.01±0.00^{a}
จังหวัดหนองบัวลำภู (สุวรรณฟาร์ม)	5.34±0.02^{c}	77.5±0.00^{c}	22.5±0.00^{d}	417.9±4.00^{e}	0.08±0.00^{b}
จังหวัดน่าน (รัตน์ดาฟาร์ม)	5.23±0.01^{b}	78.5±0.00^{e}	21.5±0.00^{b}	639.4±2.36^{i}	0.12±0.00^{e}
จังหวัดพะเยา (ผึ้งจ๋าฟาร์ม)	5.29±0.02^{c}	76.5±0.00^{b}	23.5±0.00^{e}	443.0±2.10^{g}	0.09±0.00^{c}
จังหวัดเชียงราย (บุษราคัม)	5.59±0.02^{d}	78.0±0.00^{d}	22.0±0.00^{c}	326.4±1.58^{c}	0.16±0.00^{g}
จังหวัดอุตรดิตถ์ (น้ำผึ้งน้ำริด)	5.31±0.02^{c}	78.5±0.00^{e}	21.5±0.00^{b}	427.6±4.45^{f}	0.13±0.00^{f}

หมายเหตุ a, b, c, e, f, g, h, i แสดงระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่ $p = 0.05$

2. การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำผึ้งดอกลำไย

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำผึ้งดอกลำไยจาก 8 แหล่งภูมิศาสตร์ (9 ยี่ห้อ) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในปริมาณกรดรวม ฟีนอลิกรวม กรดแอสคอร์บิก น้ำตาลรีดิวซ์ ค่าดัชนีไฮดรอกซีเมทิลฟูร์ฟูรัล (HMF) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า น้ำผึ้งจากลำพูน (รวงทอง) และหนองบัวลำภู (สุวรรณฟาร์ม) มีค่ากรดรวมสูงสุดที่ 0.17±0.00% สอดคล้องกับความชื้นสูงและกระบวนการหมักตามธรรมชาติ ขณะที่น้ำผึ้งจากดอยผาผึ้งมีค่ากรดรวมต่ำสุดที่ 0.02±0.00% ปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุดพบในน้ำผึ้งจากเชียงราย (บุษราคัม) ที่ 96.66±0.05 mg GAE/ml ส่วนต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง) (33.55±0.05 mg GAE/ml) นอกจากนี้น้ำผึ้งจากหนองบัวลำภู (สุวรรณฟาร์ม) มีกรดแอสคอร์บิกสูงสุด (15.00±0.00 mg/100 g) แสดงถึงความสดและการจัดการหลังเก็บเกี่ยวที่ดี ขณะที่น้ำผึ้ง

จากเชียงใหม่ (สุภาฟาร์ม) ลำพูน (รวงทอง) และอุตรดิตถ์ (น้ำผึ้งน้ำริด) มีกรดแอสคอร์บิกต่ำสุด (7.50±0.00 mg/100 g) น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดพบในน้ำผึ้งจากน่าน (รัตน์ดาฟาร์ม) ที่ 0.36±0.00 mg/ml บ่งชี้ถึงการทำงานของเอนไซม์ invertase อย่างสมบูรณ์ ขณะที่น้ำผึ้งจากดอยผาผึ้งมีระดับน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำที่สุด (0.02±0.00 mg/ml) HMF สูงสุดอยู่ในน้ำผึ้งจากเชียงใหม่ (สุภาฟาร์ม) ที่ 93.98±1.40 mg/g แสดงถึงการใช้ความร้อนสูงหรือการเก็บรักษานาน ขณะที่ต่ำสุดพบในเชียงราย (บุษราคัม) เพียง 19.34±1.73 mg/g และสำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) น้ำผึ้งจากเชียงราย (บุษราคัม) มีฤทธิ์สูงสุดที่ 0.683 g/ml ส่วนจังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง) มีฤทธิ์ต่ำสุดที่ 0.273 g/ml แสดงให้เห็นว่าการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับชนิดฟีนอลิกและองค์ประกอบอื่น เช่น กรดอินทรีย์ วิตามินซี และเอนไซม์

3. การวิเคราะห์ด้วย LCR Meter โดยใช้เครื่อง Keysight E4980A

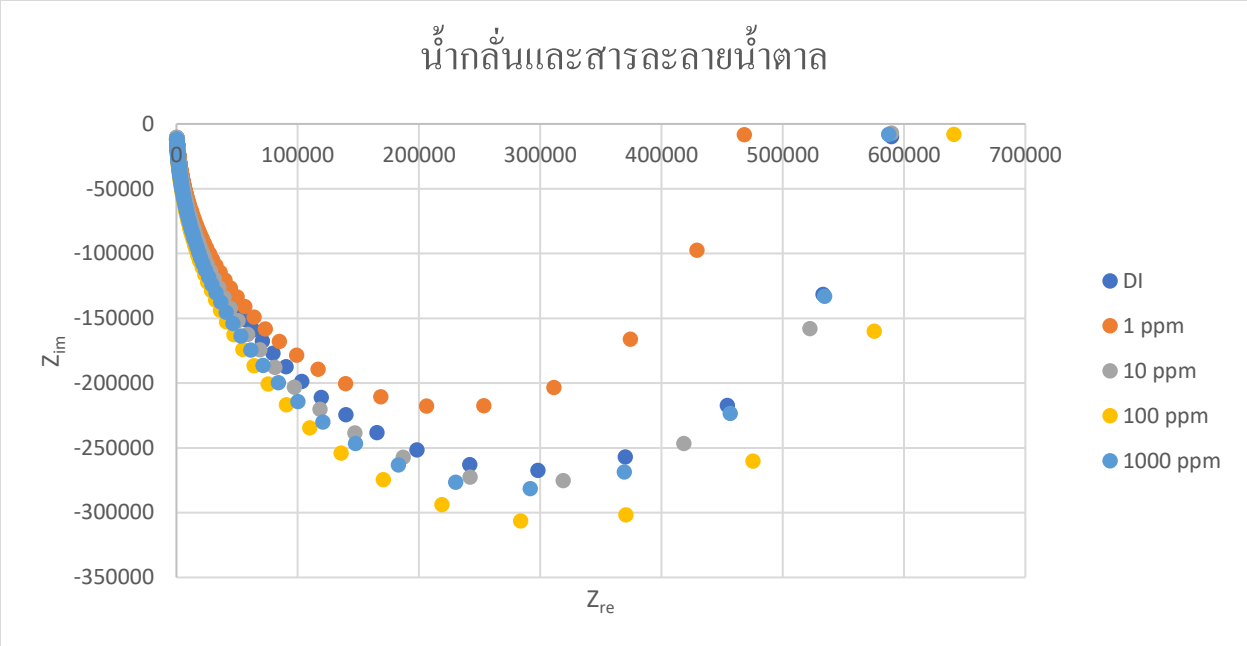
3.1 ผลการวิเคราะห์น้ำตาลและสารละลายน้ำด้วย LCR Meter

การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LCR Meter รุ่น Keysight E4980A สำหรับสารละลายต่าง ๆ ได้แก่ น้ำกลั่น (DI Water) และสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 1 ppm ถึง 1000 ppm แสดงผลผ่านกราฟ Nyquist Plot (รูปที่ 2) ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานจริงของอิมพีแดนซ์ (Real impedance; Z_{re}) บนแกน X และค่าความต้านทานเชิงจินตภาพของอิมพีแดนซ์ (Imaginary impedance; Z_{im}) บนแกน Y จากกราฟ (รูปที่ 2) พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อรูปแบบการกระจายของจุดข้อมูลอย่างชัดเจน เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น การนำไฟฟ้าของสารละลายจะดีขึ้น (Z_{re} ต่ำ) ส่งผลให้ค่าความต้านทานรวม (Total Resistance; R_t หรือจุดตัดของโค้งอิมพีแดนซ์กับแกน X) ลดลงตามไปด้วย สำหรับสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ เช่น 1 ppm จะมีค่าการนำไฟฟ้าสูง (Z_{re} ต่ำ) จุดข้อมูลจึงกระจายอยู่ในช่วงค่าที่ต่ำใน Z_{re} เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้น 10 ppm และ 100 ppm ที่ค่าความต้านทานรวมสูงขึ้น แปรผันตรงตามความเข้มข้นที่มากขึ้น ในขณะที่ 1000 ppm มีค่าความต้านทานรวมลดลง ทำให้จุดข้อมูลเลื่อนไปทางด้านค่า Z_{re} ที่ต่ำกว่า 100 ppm บ่งบอกถึงโมเลกุลน้ำตาลที่เกิดการจัดเรียงตัวและรวมกลุ่มกันผ่านพันธะไฮโดรเจน ทำให้ระบบมีความไม่เป็นเนื้อเดียวอย่างสมบูรณ์ ซึ่งพบว่าในสารละลายที่ความเข้มข้นสูง โมเลกุลน้ำตาลเกิดการรวมกลุ่มเป็นคลัสเตอร์ขนาดเล็ก ส่งผลต่อคุณสมบัติด้านไดอิเล็กทริก ความหนืด และพฤติกรรมอิมพีแดนซ์ (Amann-Winkel et al., 2016; Pabit et al., 2010; Lupi et al., 2012)

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำผึ้งดอกลำไยจากแหล่งที่แตกต่างทางภูมิศาสตร์ทั้ง 8 แหล่ง

แหล่งน้ำผึ้งทางภูมิศาสตร์	ปริมาณกรดรวม (%)	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE/ml)	ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (mg/100 g)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/ml)	ปริมาณ HMF (mg/g)	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} (g/ml)
จังหวัดเชียงใหม่ (ฮันนี่ดี)	0.12±0.00^{d}	66.17±0.05^{b}	10.00±0.00^{b}	0.25±0.00^{d}	69.06±1.35^{g}	0.573
จังหวัดเชียงใหม่ (สุภาฟาร์ม)	0.11±0.00^{c}	86.79±0.11^{f}	7.50±0.00^{a}	0.27±0.00^{e}	93.98±1.40^{i}	0.546
จังหวัดลำพูน (รวงทอง)	0.17±0.00^{g}	69.47±0.14^{d}	7.50±0.00^{a}	0.16±0.00^{b}	87.81±0.89^{h}	0.500
จังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง)	0.02±0.00^{a}	31.55±0.05^{a}	12.50±0.00^{c}	0.02±0.00^{a}	32.70±1.98^{b}	0.279
จังหวัดหนองบัวลำภู (สุวรรณฟาร์ม)	0.17±0.00^{g}	86.27±0.11^{e}	15.00±0.00^{d}	0.27±0.00^{e}	44.09±0.68^{e}	0.528
จังหวัดน่าน (รัตน์ดาฟาร์ม)	0.16±0.00^{f}	87.92±0.00^{g}	10.00±0.00^{b}	0.36±0.00^{g}	42.05±1.40^{cd}	0.773
จังหวัดพะเยา (ผึ้งจ๋าฟาร์ม)	0.13±0.00^{e}	93.56±0.09^{h}	12.50±0.00^{c}	0.28±0.00^{f}	68.89±3.98^{f}	0.683
จังหวัดเชียงราย (บุษราคัม)	0.05±0.00^{b}	96.66±0.05^{i}	12.50±0.00^{c}	0.28±0.01^{f}	19.34±1.73^{a}	0.542
จังหวัดอุตรดิตถ์ (น้ำผึ้งน้ำริด)	0.13±0.00^{e}	67.72±0.00^{c}	7.50±0.00^{a}	0.24±0.09^{c}	40.55±1.35^{c}	0.513

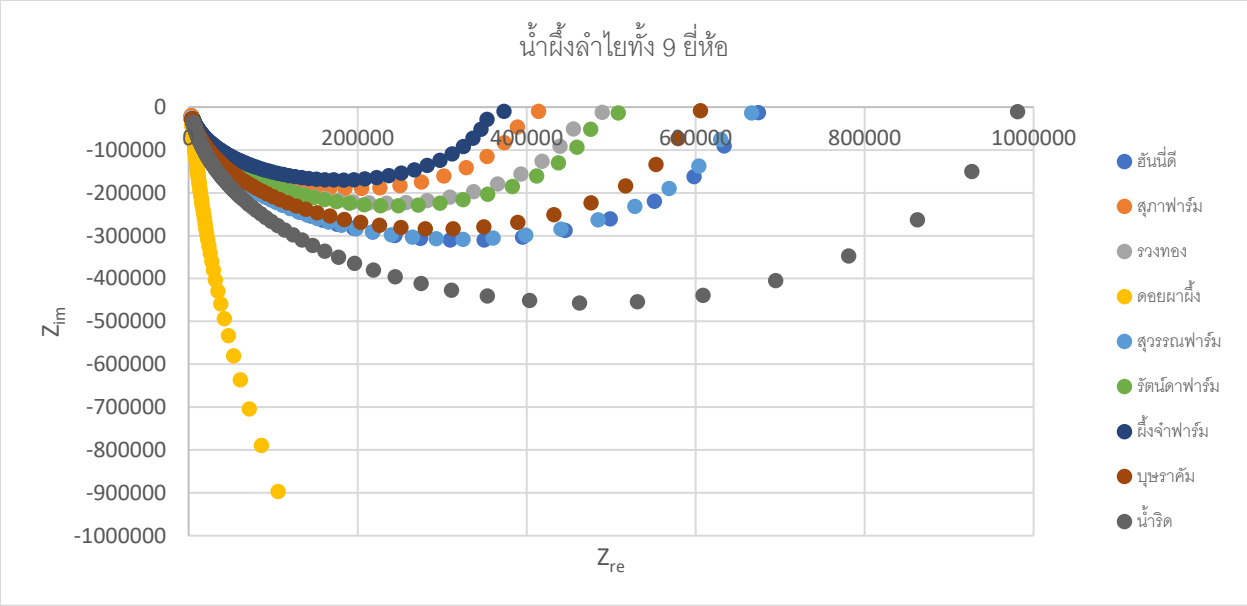
หมายเหตุ a, b, c, e, f, g, h, i แสดงระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่ p = 0.05



รูปที่ 2 การวิเคราะห์ด้วยวิธี LCR Meter โดยใช้เครื่อง Keysight E4980A ร่วมกับสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน 4 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น (DI water), สารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 1 ppm, 10 ppm, 100 ppm และ 1000 ppm

3.2 ผลการวิเคราะห์น้ำผึ้งลำไยจาก 8 แหล่งภูมิศาสตร์ (9 ยี่ห้อ) ชนิดด้วยเครื่อง LCR Meter

การวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าของน้ำผึ้งดอกลำไยจาก 8 แหล่งภูมิศาสตร์ (9 ยี่ห้อ) ด้วย LCR Meter (รูปที่ 3) พบความแตกต่างอย่างชัดเจนในค่าความต้านทานไฟฟ้า (resistivity) และค่าคาปาซิแตนซ์ (capacitance) โดยน้ำผึ้งที่มีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูง จะมีค่าคาปาซิแตนซ์สูงและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดี โดยเฉพาะน้ำผึ้งจากดอกไม้ที่มีสารออกฤทธิ์สูง เช่น น้ำผึ้งดอกลำไย (Smith & Williams, 2020) โดยน้ำผึ้งจากจังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง) มีโพลาริเซชันสูงที่สุด (Z_{im} ติดลบมาก) กราฟแสดงค่า Z_{im} ที่ติดลบมากที่สุดในทุกยี่ห้อ แสดงถึงความสามารถในการกักเก็บประจุและการโพลาริเซชันสูง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิก กรดอินทรีย์ และไอออนที่ช่วยเพิ่ม dielectric response ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Dai et al. (2024) ที่รายงานว่า ไอออนโดยเฉพาะโพแทสเซียม (K^+) เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดสมบัติการนำไฟฟ้าและพฤติกรรมอิมพีแดนซ์ของน้ำผึ้ง โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างปริมาณแร่ธาตุในน้ำผึ้งกับค่าความต้านทานเชิงอิมพีแดนซ์ที่วัดได้ ส่งผลให้ตัวอย่างที่มีไอออนสูง เกิดการโพลาริเซชันมากขึ้น (Dai et al., 2024) น้ำผึ้งจากจังหวัดอุตรดิตถ์ (น้ำริด) มีความต้านทานจริง (Z_{re}) สูงกว่ายี่ห้ออื่นอย่างชัดเจน สื่อถึงการนำไฟฟ้าต่ำ ปริมาณไอออนและแร่ธาตุน้อย โครงสร้างสารละลายที่มีลักษณะน้ำตาลเข้มข้นมากกว่ากลุ่ม high-ionic honey ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Zhao et al. (2017) ที่ระบุว่า น้ำผึ้งที่มี ionic strength ต่ำ (ไอออนต่ำ) และมีสัดส่วนของน้ำตาลสูง จะมีค่า Z_{re} สูง เนื่องจากไอออนไม่สามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระ ทำให้ความต้านทานจริงเพิ่มขึ้น ส่วนน้ำผึ้งจากพะเยา (ผึ้งจ๋าฟาร์ม) แสดงค่า Z_{re} ต่ำ นั่นคือมีแร่ธาตุสูง จึงนำไฟฟ้าดี และ Z_{im} ติดลบไม่มาก นั่นคือมีโพลาริเซชันปานกลาง ปริมาณฟีนอลิกและกรดอินทรีย์อยู่ในระดับกลาง จึงเป็นน้ำผึ้งที่มีไอออนสูงแต่สารโพลาร์ไม่สูงมาก



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ด้วยวิธี LCR Meter โดยใช้เครื่อง Keysight E4980A สำหรับน้ำผึ้งดอกลำไยจาก 8 แหล่งภูมิศาสตร์ (9 ยี่ห้อ) ได้แก่ ฮันนี่ดี, สุภาฟาร์ม, รวงทอง, ดอยผาผึ้ง, สุวรรณฟาร์ม, รัตน์ดาฟาร์ม, ผึ้งจ๋าฟาร์ม, บุษราคัม และน้ำริด

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำผึ้งดอกลำไยจาก 8 แหล่งภูมิศาสตร์ (9 ยี่ห้อ) แสดงให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนตามภูมิประเทศ สภาพแวดล้อม และกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งในด้านค่าพีเอช ความหวาน ความชื้น การนำไฟฟ้า ปริมาณเถ้า รวมถึงปริมาณกรดรวม ฟีนอลิกรวม กรดแอสคอร์บิก น้ำตาลรีดิวซ์ HMF และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยน้ำผึ้งจากจังหวัดในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง) โดดเด่นที่สุด ด้วยค่าความหวานสูงสุด (79.3±0.28% Brix) ความชื้นต่ำที่สุด (20.6±0.28%) และค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด (172.7±2.91 µS/cm) แสดงถึงน้ำผึ้งที่สุกสมบูรณ์และเข้มข้นจากพื้นที่สูง สอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าพื้นที่สูงช่วยเร่งการระเหยน้ำและเพิ่มความเข้มข้นของน้ำผึ้ง (Quezada-Euán et al., 2020) แต่ยังพบว่าน้ำผึ้งดอยผาผึ้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด (IC_{50} = 0.273 g/ml) และฟีนอลิกลดลง (33.55±0.05 mg GAE/ml) ซึ่งอาจเกิดจากการใช้ความร้อนระหว่างกระบวนการผลิต (Nayik et al., 2015) นอกจากนี้ น้ำผึ้งจากลำพูน (รวงทอง) มีค่าความหวานต่ำที่สุด (75.1±0.28% Brix) และความชื้นสูงสุด (24.83±0.28%) รวมถึงปริมาณเถ้าสูงสุด (0.17±0.00%) แสดงถึงน้ำผึ้งที่ยังไม่สุกเต็มที่หรือเก็บเกี่ยวในช่วงความชื้นสูง กระบวนการหมักตามธรรมชาติสูงขึ้น ทำให้ค่ากรดรวมสูง (0.17±0.00%) สอดคล้องกับรายงานของ Chua et al. (2013) ที่พบว่ากรดรวมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับการหมัก น้ำผึ้งจากเชียงราย (บุษราคัม) โดดเด่นด้านปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด (96.66±0.05 mg GAE/ml) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (IC_{50} = 0.683 g/ml) แม้ว่าจะมีค่า HMF ต่ำ (19.34±1.73 mg/g) บ่งชี้ถึงกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาที่เหมาะสม สะท้อนถึงความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ที่ส่งผลต่อสารออกฤทธิ์ในน้ำผึ้ง (Meda et al., 2005; Fallico et al., 2004) น้ำผึ้งจากน่าน (รัตน์ดาฟาร์ม) มีน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด

(0.36±0.00 mg/ml) แสดงถึงประสิทธิภาพเอนไซม์ invertase ในรังผึ้งสูง ทำให้น้ำผึ้งสุกเต็มที่และเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพที่ดี (Martins et al., 2022) แต่ถึงแม้ว่าสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ตรวจวัดจะให้ข้อมูลเชิงคุณภาพของน้ำผึ้งแต่ละแหล่งได้ดี แต่ตัวแปรเหล่านี้ยังไม่เพียงพอสำหรับการจำแนกแหล่งภูมิศาสตร์หรือชนิดน้ำผึ้งได้โดยตรง เนื่องจากค่าต่าง ๆ มีความทับซ้อนกันสูงและได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัยที่ไม่จำเพาะต่อพื้นที่ เช่น สภาพอากาศช่วงออกดอก ระดับความสุกของรวง วิธีการเก็บเกี่ยว การใช้ความร้อน และสภาวะการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าด้วย LCR Meter และกราฟ Nyquist Plot สามารถสะท้อนความแตกต่างขององค์ประกอบภายในได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยพบว่าน้ำผึ้งจากพื้นที่ในภาคเหนือ (ดอยผาผึ้ง) มีโพลาริเซชันสูงที่สุด กราฟแสดงค่า Z_{im} ที่ติดลบมากที่สุดในทุกยี่ห้อ แสดงถึงความสามารถในการกักเก็บประจุและการโพลาริเซชันสูง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิก กรดอินทรีย์ และไอออน (Smith & Williams, 2020) ขณะที่น้ำผึ้งจากอุตรดิตถ์ (น้ำริด) มีค่าความต้านทานจริง (Z_{re}) สูงกว่ายี่ห้ออื่น สื่อถึงการนำไฟฟ้าต่ำ ปริมาณไอออนและแร่ธาตุน้อย โครงสร้างสารละลายที่มีลักษณะน้ำตาลเข้มข้นมากกว่ากลุ่ม high-ionic honey ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Zhao et al. (2017) ที่ระบุว่า น้ำผึ้งที่มี ionic strength ต่ำ (ไอออนต่ำ) และมีสัดส่วนของน้ำตาลสูง จะมีค่า Z_{re} สูง เนื่องจากไอออนไม่สามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระ ทำให้ความต้านทานจริงเพิ่มขึ้น ส่วนน้ำผึ้งจากพะเยา (ผึ้งจำฟาร์ม) แสดงค่า Z_{re} ต่ำ นั่นคือมีแร่ธาตุสูง จึงนำไฟฟ้าดี และ Z_{im} ติดลบไม่มาก นั่นคือมีโพลาริเซชันปานกลาง ปริมาณฟีนอลิกและกรดอินทรีย์อยู่ในระดับกลาง จึงเป็นน้ำผึ้งที่มีไอออนสูงแต่สารโพลาร์ไม่สูงมาก แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าด้วย LCR Meter และกราฟ Nyquist Plot สามารถแสดงความแตกต่างของน้ำผึ้งแต่ละพื้นที่ได้ชัดเจนกว่า เนื่องจากอิมพีแดนซ์ของน้ำผึ้งเป็นผลรวมจากโครงสร้างภายในทั้งหมด ทั้งความเข้มข้นของไอออน แร่ธาตุ น้ำตาล โพลีฟีนอล ความหนืด และระดับการหมัก ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศและพืชพรรณอย่างจำเพาะ ส่งผลให้แต่ละแหล่งมีรูปแบบกราฟ Nyquist เป็นลายนิ้วมือไฟฟ้าเฉพาะตัวที่ไม่ทับซ้อนกัน แม้ค่าทางเคมีบางตัวจะใกล้เคียงกันก็ตาม ความสามารถนี้สอดคล้องกับงานวิจัยหลายชิ้นที่รายงานว่าเทคนิคอิมพีแดนซ์สามารถใช้จำแนกชนิดและแหล่งภูมิศาสตร์ของน้ำผึ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น งานของ Gok et al. (2015) ที่ใช้ Electrochemical Impedance Spectroscopy ในการจำแนกน้ำผึ้งจากหลายภูมิภาคของตุรกีได้อย่างแม่นยำ รวมถึงงานของ Ramos et al. (2018) ที่แสดงว่า Nyquist Plot สามารถใช้บ่งชี้ความแตกต่างของน้ำผึ้งตามดอกพืชและแหล่งภูมิประเทศได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ Güler et al. (2022) ยังรายงานว่าสมบัติทางไฟฟ้าสามารถจำแนกน้ำผึ้งแท้ น้ำผึ้งปลอม และแหล่งผลิตได้ดีกว่าตัวชี้วัดทางเคมีหลายชนิด ดังนั้นการประเมินคุณภาพและแหล่งภูมิศาสตร์ของน้ำผึ้งโดยใช้การวัดอิมพีแดนซ์จึงมีศักยภาพสูงกว่าวิธีดั้งเดิมในด้านความจำเพาะ ความไวต่อองค์ประกอบภายใน และความสามารถในการจำแนกตัวอย่างที่มีสมบัติใกล้เคียงกัน การใช้ LCR Meter จึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสำหรับเสริมการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำผึ้งในงานวิจัยและงานควบคุมคุณภาพเชิงอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและนักวิจัยทุกท่านสำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนทางวิชาการอย่างดียิ่ง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเพื่อนนักศึกษาที่ช่วยเหลือด้านเทคนิคและการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

Amann–Winkel, K., Mishima, O., & Loerting, T. (2016). Advances in understanding sugar–water interactions: From glass transitions to molecular clustering. *Chemical Reviews, 116*(13), 7570–7589. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00770

AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). AOAC International.

Brand–Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT–Food Science and Technology, 28*(1), 25–30.

Chua, L. S., Gan, S. H., & Khalil, M. I. (2013). Physicochemical and antioxidant properties of Malaysian honeys produced by *Apis cerana*, *Apis dorsata* and *Apis mellifera*. *Molecules, 18*(3), 3084–3097. https://doi.org/10.3390/molecules18033084

Chuang, Y.–C., Lin, Y.–C., Chang, C.–P., & Chen, Y.–W. (2018). Characterization of Taiwanese longan flower honeys by physicochemical properties, antioxidant capacity, and volatile compounds. *Food Chemistry, 252,* 7–14. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.060

Dai, Q., Li, Z., Zhang, Y., & Chen, H. (2024). *Electrical impedance spectroscopy for potassium content analysis and botanical origin identification of honey*. Food Chemistry, 445, 137007. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137007

Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2022). Honey authenticity: Advances in emerging technologies and chemometrics. *Trends in Food Science & Technology, 124*, 225–239. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.003

Fallico, B., Arena, E., Zappalà, M., & Verzera, A. (2004). Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry, 85*(2), 305–313.

Ferreiro, T., Gayol, M., Álvarez, M. S., & Rodríguez, A. (2020). Degradation kinetics of vitamin C in honey under different storage conditions. *Journal of Food Composition and Analysis, 92*, 103–108. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103108

Gok, S., Severcan, M., Gok, Z., & Severcan, F. (2015). Classification of Turkish honeys by using electrochemical impedance spectroscopy. *Food Chemistry, 175*, 26–33.

Grossi, M., & Riccò, B. (2017). Electrical impedance spectroscopy (EIS) for biological analysis and food characterization: A review. *Journal of Sensors and Sensor Systems, 6*(2), 303–325. https://doi.org/10.5194/jsss-6-303-2017

Güler, A., Bakan, M., & Dündar, Y. (2022). Authentication of honey and determination of geographical origin using impedance–based electrical properties. *Journal of Food Science and Technology, 59*(4), 1450–1459.

International Honey Commission. (2018). *Harmonised methods of honey analysis*. International Honey Commission.

Jantakee, K., Sringarm, K., & Sawangwong, P. (2022). Characterization and antioxidant properties of longan flower honey from northern Thailand. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences, 21*(1), e2022016. https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2022.016

Kosasu, S., Watanabe, T., & Yamada, K. (2015). Determination of total phenolic content in natural products using the Folin–Ciocalteu method at 725 nm. *Food Chemistry, 176*, 42–48.

Kowalski, S., Lukasiewicz, M., Duda-Chodak, A., & Zieć, G. (2012). 5-Hydroxymethylfurfural content in some bee products and foodstuffs prepared with the addition of honey. *Food Chemistry, 133*(3), 907–913.

Martins, G. A. S., de Oliveira, E. N. A., & Gomes, J. F. (2022). Quality indicators and sugar profiles for discrimination of authentic and adulterated honey. *Food Control, 138*, 109–122. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109122

Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry, 91*(3), 571–577.

Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry, 31*(3), 426–428.

Nayik, G. A., Nanda, V., & Dar, B. N. (2015). Determination of antioxidant activity, phenolic and flavonoid contents of different varieties of honey and their correlation with colour. *International Journal of Food Properties, 19*(1), 1–10.

Pabit, S. A., Katz, A. M., & Pollack, L. (2010). Evidence for sugar clustering in aqueous solution from small-angle X-ray scattering. *Journal of Chemical Physics, 132*(5), 055101. https://doi.org/10.1063/1.3303605

Pauliuc, D., & Dranca, F. (2023). Phenolic composition, antioxidant capacity and botanical authentication of honey: Recent advances and applications. *Food Bioscience, 52*, 102–158.

Quezada-Euán, J. J. G., May-Itzá, W. de J., & González-Acereto, J. A. (2020). Environmental effects on nectar dehydration and honey physicochemical traits in mountain ecosystems. *Journal of Apicultural Science, 64*(2), 289–302.

Ramos, O., Pereira, E., & Martins, R. (2018). Discrimination of honey according to botanical and geographical origin using impedance spectroscopy. *Journal of Food Measurement and Characterization, 12*(3), 1567–1576.

Smith, J., & Williams, P. (2020). Electrical impedance analysis for food authenticity and compositional assessment: Principles and emerging applications. *Food Analytical Methods, 13*(6), 1432–1445.

The Investor. (2023, August 9). Longan honey harvest season begins in northern Vietnam province Hung Yen. *The Investor*. https://theinvestor.vn/longan-honey-harvest-season-begins-in-northern-vietnam-province-hung-yen-d9685.html

The Observatory of Economic Complexity. (2023). *Honey exports by country*. OEC. https://oec.world/en/profile/hs/honey

Zhao, Y., Li, L., & Li, B. (2017). Electrical impedance spectroscopy for food quality and safety control: A review. *Journal of Food Engineering, 215*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.07.009

การประเมินสมรรถนะและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแป้นเกลียวที่ใช้แทนข้อต่อเชิงกลในงานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

Performance and Economic Evaluation of Nuts as a Substitute for Mechanical Couplers in Reinforced Concrete Structures

สงกรานต์ อินถานะ[1], ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง[1*], บัณฑิต สำเนียงเพราะ[1] และกฤษนันท์ โหราเรือง[1]
Songkran Inthana[1], Narongchai Wiwattanachang[1*], Bundit Sumniangpho[1] and Kitsanan Horarueang[1]

บทคัดย่อ

เนื่องจากสภาวะปัจจุบันของอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยเฉพาะในงานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มักจะประสบปัญหาด้านต้นทุนที่สูง แม้ว่าข้อต่อเหล็กเส้นเชิงกล (Mechanical Couplers) จะถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อทดแทนการต่อทาบเหล็ก แต่ก็ยังคงมีข้อจำกัดเกี่ยวกับต้นทุนการก่อสร้างที่สูงและการจัดหาที่ยุ่งยาก

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลและประเมินความเป็นไปได้ในการใช้แป้นเกลียว (Nuts) ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำกว่า มาเป็นวัสดุทดแทนข้อต่อเชิงกล การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การสำรวจคุณสมบัติทางกลของแป้นเกลียว การเปรียบเทียบสมรรถนะการรับแรงดึงกับข้อต่อเชิงกล และการประเมินความเป็นไปได้ในเชิงของความแข็งแรง ต้นทุน และเวลา

ตามสมมติฐานของการวิจัย แป้นเกลียวที่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติจะสามารถรับแรงดึงได้ใกล้เคียงกับข้อต่อเชิงกล และมีศักยภาพในการลดต้นทุนการก่อสร้าง ซึ่งผลการทดสอบได้ยืนยันสมมติฐานนี้ งานวิจัยนี้จะนำมาซึ่งองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการใช้วัสดุทางเลือกที่สามารถลดต้นทุนและระยะเวลาในการจัดหาวัสดุสำหรับโครงการวิศวกรรมโครงสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: แป้นเกลียว, ข้อต่อเชิงกล, การรับแรงดึง, การลดต้นทุน, วัสดุทดแทน

[1]ภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี 72130
[1]Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 72130
[*]Corresponding author: songkran.est@gmail.com

Abstract

Due to the current state of the construction industry, especially in reinforced concrete construction, there often are problems with high costs. Even though mechanical couplers have been widely used to replace steel lap splices, limitations remain regarding high construction costs and difficult procurement.

This research therefore aims to study the mechanical properties and assess the feasibility of using nuts, which are readily available and lower-cost materials, as a replacement for couplers. The study focuses on investigating the mechanical properties of nuts, comparing their tensile performance with mechanical couplers, and evaluating the feasibility in terms of strength, cost, and time.

Based on the research hypothesis, the properties of the nuts were improved, enabling them to withstand tensile forces close to those of mechanical couplers and potentially reduce construction costs. The test results confirmed this hypothesis. This research will provide new knowledge on using alternative materials that can significantly reduce costs and material procurement time in structural engineering projects.

Keywords: Nuts, Mechanical couplers, Tensile strength, Cost reduction, Alternative materials

บทนำ

การควบคุมต้นทุนในอุตสาหกรรมก่อสร้างปัจจุบันเป็นปัจจัยสำคัญต่อการแข่งขัน โดยเฉพาะต้นทุนของเหล็กเสริมคอนกรีตซึ่งมีสัดส่วนสูง การใช้ข้อต่อเหล็กเส้นเชิงกล (Mechanical Coupler) ได้รับความนิยมเนื่องจากช่วยลดปัญหาการต่อเหล็กในพื้นที่จำกัดและช่วยเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้าง แต่อย่างไรก็ตาม Coupler มีราคาสูง การจัดหายุ่งยาก และต้องการแรงงานที่มีทักษะเฉพาะ ทำให้การนำไปใช้ในโครงการต่าง ๆ ยังมีข้อจำกัด

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยจึงได้เสนอแนวคิดในการนำ แป้นเกลียว (Nut) ซึ่งเป็นวัสดุมาตรฐานอุตสาหกรรมที่มีต้นทุนต่ำและหาได้ง่าย มาปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมเพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทน Coupler โดยที่ข้อจำกัดด้านต้นทุนและการจัดหาของ Coupler เป็นปัญหาหลัก ที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข จึงเกิดคำถามวิจัยว่า แป้นเกลียวสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกลให้สามารถรับแรงดึงและแรงอัดได้ใกล้เคียงกับ Coupler มาตรฐาน และสามารถลดต้นทุนการก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ จึงเป็นแนวทางที่นำมาศึกษาคุณสมบัติทางกลของแป้นเกลียว (Nuts) ที่ประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้าง เปรียบเทียบสมรรถนะการรับแรงของแป้นเกลียวกับข้อต่อเชิงกลมาตรฐาน และประเมินความเป็นไปได้ในการใช้แป้นเกลียวแทน Coupler ทั้งด้านความแข็งแรง ต้นทุน และเวลา

ซึ่งแป้นเกลียวที่ได้รับการปรับปรุงแล้วสามารถรับแรงดึงได้ใกล้เคียงกับข้อต่อเชิงกล การใช้แป้นเกลียวสามารถลดต้นทุนการก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ขอบเขตการวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาเฉพาะแป้นเกลียวและ Coupler ที่ใช้ต่อเหล็กเสริมขนาด 16-25 มม. โดยทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลภายใต้แรงดึง (Tensile Load) และวิเคราะห์รูปแบบการวิบัติ รวมถึงการเปรียบเทียบด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของแป้นเกลียว (Nuts) ที่ใช้ในงานก่อสร้าง แล้วเปรียบเทียบสมรรถนะของแป้นเกลียวกับข้อต่อเชิงกล (Coupler) และทำการประเมินความเป็นไปได้ในการใช้แป้นเกลียวแทน Coupler ทั้งด้านความแข็งแรง ต้นทุน และเวลา

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

ในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก การต่อเหล็กที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น การต่อทาบ การเชื่อม หรือการใช้ข้อต่อเชิงกล ต้องมั่นใจว่ารอยต่อไม่ก่อให้เกิดจุดอ่อน (ACI 318, 2015) [1] Coupler ช่วยให้การถ่ายแรงเต็มหน้าตัดและประหยัดพื้นที่ แต่มีราคาและขั้นตอนการติดตั้งเฉพาะ ในขณะที่ Nut เป็นชิ้นส่วนโลหะมาตรฐานที่ราคาถูกและมีคุณสมบัติรับแรงดึงและแรงเฉือนที่ดี ดังนั้นแป้นเกลียว (Nuts) ที่ปรับปรุงคุณสมบัติแล้วสามารถรับแรงดึงได้ใกล้เคียงกับข้อต่อเชิงกล (Coupler) และการใช้แป้นเกลียวนั้นจะสามารถลดต้นทุนการก่อสร้างได้เมื่อเทียบกับการใช้ Coupler

โดยที่งานงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้อง พชร (2556) พบว่าเหล็กเสริมที่ต่อด้วย Coupler มีกำลังรับแรงดึงและอัดใกล้เคียงเหล็กเต็มเส้น [16], สมชาย และคณะ (2562) พบว่าเสาคอนกรีตที่ใช้ Coupler มีความเหนียวและการสลายพลังงานดีกว่าการต่อทาบ [11] ส่วน จิรพงศ์ (2563) เสนอให้พิจารณาใช้วัสดุทางเลือกเช่น Nut เนื่องจาก Coupler มีราคาสูง. [12] และงานวิจัยในต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง Damsara & Kulathunga (2018) ยืนยันว่า Coupler มีประสิทธิภาพสูงและลดการสูญเสียวัสดุ [13] ขณะที่ Zhao et al. (2019) ได้ทดลองใช้ Nut และ Bolt และพบว่าหากออกแบบถูกต้องสามารถรับแรงดึงได้ใกล้เคียง Coupler [9] นอกจากนี้ ISO 15835 (2020) ได้กำหนดมาตรฐานการทดสอบ Mechanical Splice ต้องครอบคลุมแรงดึง แรงอัด และแรงวัฏจักร. [8]

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งศึกษากำลังในการรับแรงและพฤติกรรมของแป้นเกลียว (Nuts) เมื่อถูกนำมาใช้เป็นข้อต่อเชิงกลในงานก่อสร้าง เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานการใช้ Coupler ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมุ่งเน้นการทดสอบสมรรถนะเชิงกลของแป้นเกลียว (Nuts) ภายใต้แรงดึง (Tensile Load Test) รวมถึงการศึกษาพฤติกรรมการเสียรูป (Deformation) และโหมดการวิบัติ (Failure Modes) ของ Nut

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

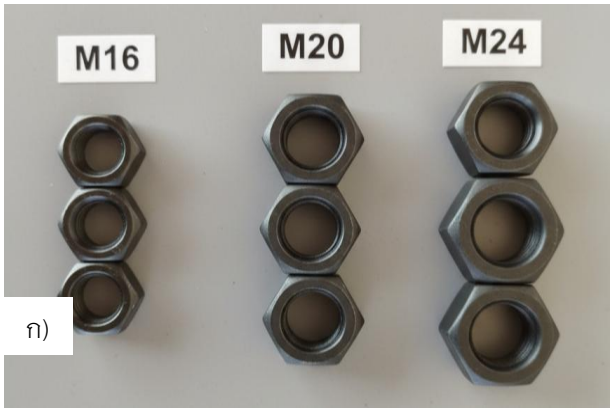
3.2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

- เหล็กเสริม (Rebar): เหล็กเส้นข้ออ้อยเกรด SD40 ขนาด 16, 20 และ 25 มม.



รูปที่ 1 เหล็กเส้นข้ออ้อยเกรด SD40 ขนาด 16 มม., 20 มม. และ 25 มม.

- แป้นเกลียว (Nuts): Nut ขนาด M16, M20 และ M24 ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนตามมาตรฐาน ISO 898-2 โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ แป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut) เป็นการนำแป้นเกลียวมาต่อเข้ากันด้วยการเชื่อมไฟฟ้ารอบรอยต่อ และแป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut) ที่ออกแบบให้มีพื้นที่หน้าตัดมากขึ้นด้วยการนำเหล็กแผ่น หนา 3 มม. ตามมาตราฐาน มอก. 1479-2566 หรือ มอก. ซึ่งอ้างอิงจาก JIS G3101 และ JIS G3131 ติดที่รอบผิวของแป้นเกลียวด้วยการเชื่อมไฟฟ้า



ก)



ข)



ค)

รูปที่ 2 ก) ลักษณะของแป้นเกลียว (Nut) ข) รูปแบบของแป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut) ค) รูปแบบของแป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut)

- ข้อต่อเชิงกลมาตรฐาน (Coupler): ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบตามมาตรฐาน ISO 15835



รูปที่ 3 ลักษณะของข้อต่อเหล็กเชิงกลระบบเกลียวขนาน

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบ

- Universal Testing Machine (UTM): สำหรับทดสอบแรงดึงและแรงอัด กำลังสูงสุด 1,000 kN



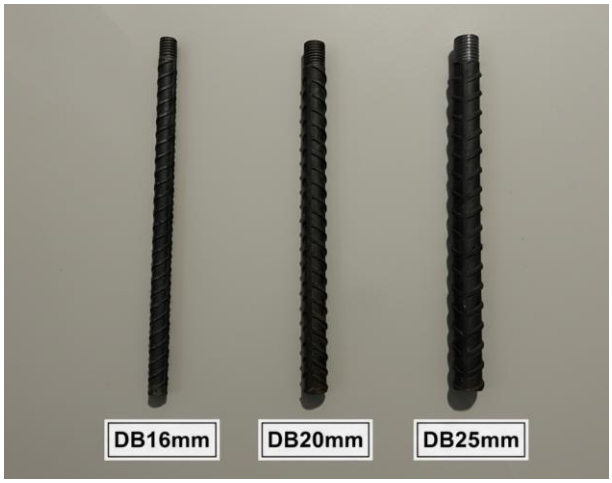
รูปที่ 4 เครื่องทดสอบแรงอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM)

- กล้องถ่ายภาพ: สำหรับบันทึกพฤติกรรมการเสียรูปและรูปแบบการแตกร้าว

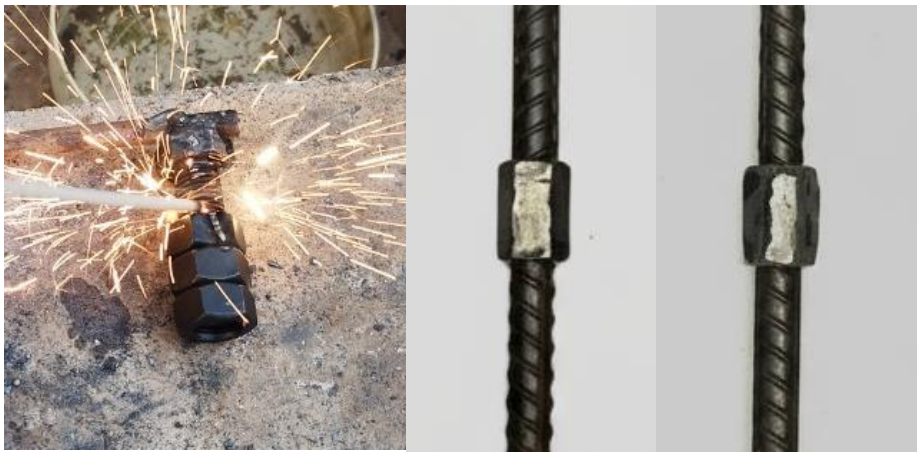
3.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

เตรียมชิ้นงานด้วยการตัดเหล็กเสริมข้ออ้อย (SD40) ขนาด 16–25 มม. ความยาว 30 ซม. และความยาว 60 ซม. สำหรับเหล็กเสริมความยาว 30 ซม. จะทำเกลียวที่ปลายเหล็กเสริมเพียงด้านเดียว โดยเป็นไปตามมาตรฐาน ISO Metric Thread ทำการผลิตชิ้นงานแป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut) และแป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut) ขนาด M16, M20 และ M24 ตามลำดับ ดังที่แสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ตามลำดับ ติดตั้งข้อต่อเชิงกล (Coupler) และแป้นเกลียว (Nut) เข้ากับเหล็กเสริม โดยแบ่งกลุ่มทดสอบออกเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ เหล็กเสริมที่ไม่มีข้อต่อ, ข้อต่อ

เชิงกลมาตรฐาน (Coupler), แป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut) และแป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut) รวม 36 ตัวอย่าง



รูปที่ 5 เหล็กเส้นข้ออ้อยเกรด SD40 ขนาด 16 มม., 20 มม. และ 25 มม. ที่ทำเกลียวปลายเหล็กตามมาตรฐาน ISO Metric Thread เพียงด้านเดียว



รูปที่ 6 ขั้นตอนการผลิตและประกอบชิ้นงานแป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut) และแป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut)

3.4 วิธีการทดสอบ

นำชิ้นทดสอบติดตั้งใน UTM กำหนดอัตราการโหลดที่ 2 mm/min ตามมาตรฐาน ASTM E8 ดังที่แสดงในรูปที่ 7 ทำการบันทึกค่าแรงสูงสุด (Ultimate Load), จุดทำลาย (Ultimate Strength) พร้อมสังเกตและบันทึก โหมดการวิบัติ (Failure Mode) เช่น การล้มเกลียว (Thread Stripping), การแตกหักของ Nut หรือการฉีกขาดของเหล็กเสริม



รูปที่ 7 การติดตั้งและทดสอบชิ้นงานตัวอย่างด้วยเครื่อง UTM

3.5 การบันทึกและการวิเคราะห์ข้อมูล

- ข้อมูลเชิงปริมาณ: ค่ากำลังรับแรงดึงสูงสุด (Fu)
- ข้อมูลเชิงคุณภาพ: รูปแบบการวิบัติ (Failure Modes) ของ Nut และเหล็กเสริม ภาพถ่ายการเสียรูปและการแตกหัก
- การวิเคราะห์ข้อมูล: เปรียบเทียบผลการทดสอบ Nut แต่ละกลุ่มกับมาตรฐาน Coupler และประเมินความเป็นไปได้ในการนำ Nut มาใช้แทน Coupler ในงานก่อสร้างจริง

ผลการศึกษา

1. ผลการทดสอบแรงดึง

ผลการทดสอบชิ้นงานของกลุ่มตัวอย่าง ดังที่แสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า แป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut) สามารถรับแรงดึงเฉลี่ยได้ 618 MPa ส่วนข้อต่อเชิงกล Coupler มาตรฐาน สามารถรับแรงดึงเฉลี่ยได้ประมาณ 661 MPa ซึ่งผลทดสอบของแป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut) และข้อต่อเชิงกล Coupler มาตรฐาน สามารถรับแรงได้ไม่น้อยไปกว่าค่าแรงที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ มอก. 24-2548 และค่ากำลังรับแรงดึงที่จุดคราก และกำลังรับแรงดึงประลัยของเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม., 20 มม. และ 25 มม. ที่ไม่มีข้อต่อ ดังที่แสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ นั่นจึงทำให้ แป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut) มีค่ากำลังรับแรงดึงประลัยสูงกว่าค่ากำลังรับแรงดึงที่จุดคราก (400 MPa) 1.25 เท่าของเหล็กเสริม และใกล้เคียงกับค่าที่เหล็กวิบัติจริง คิดเป็นประมาณ 90% เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กเสริมที่ไม่มีข้อต่อ และข้อต่อเชิงกลมาตรฐาน (Coupler) ซึ่งบ่งชี้ว่าความเสี่ยงไม่ส่งผลรุนแรงต่อการออกแบบโครงสร้าง

ตารางที่ 1 แสดงกำลังรับแรงดึง และลักษณะการวิบัติของกลุ่มตัวอย่างทดสอบ สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม.

กลุ่มทดสอบ	ขนาดเหล็ก (มม.)	กำลังรับแรงดึง (MPa)	รูปแบบการวิบัติ
A: ข้อต่อเชิงกล (Coupler)	16	645	หลุดเกลียวบางส่วน และไม่พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ
B: แป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut)	16	469	พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ
C: แป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut)	16	612	หลุดเกลียวบางส่วน และไม่พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ

ตารางที่ 2 แสดงกำลังรับแรงดึง และลักษณะการวิบัติของกลุ่มตัวอย่างทดสอบ สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม.

กลุ่มทดสอบ	ขนาดเหล็ก (มม.)	กำลังรับแรงดึง (MPa)	รูปแบบการวิบัติ
A: ข้อต่อเชิงกล (Coupler)	20	688	หลุดเกลียวบางส่วน และไม่พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ
B: แป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut)	20	526	พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ
C: แป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut)	20	629	หลุดเกลียวบางส่วน และไม่พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ

ตารางที่ 3 แสดงกำลังรับแรงดึง และลักษณะการวิบัติของกลุ่มตัวอย่างทดสอบ สำหรับเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม.

กลุ่มทดสอบ	ขนาดเหล็ก (มม.)	กำลังรับแรงดึง (MPa)	รูปแบบการวิบัติ
A: ข้อต่อเชิงกล (Coupler)	25	651	หลุดเกลียวบางส่วน และไม่พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ
B: แป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut)	25	429	พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ
C: แป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut)	25	612	หลุดเกลียวบางส่วน และไม่พบการการแตกร้าว/เสียรูปของข้อต่อ

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของเหล็กเส้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของเหล็กเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย)

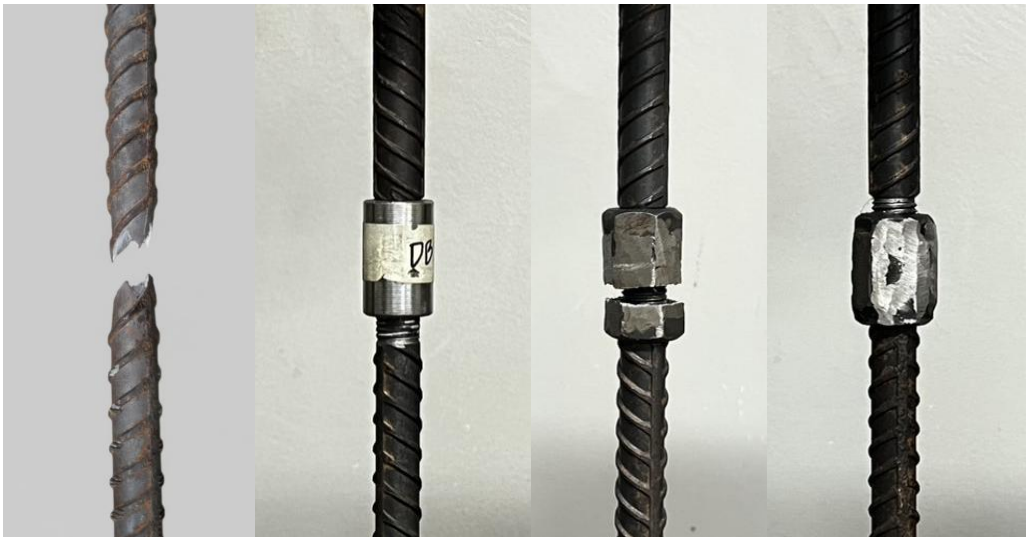
สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึงที่จุดคลาก ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความต้านแรงดึงสูงสุด ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)
SD 30	3,000	4,900	17
SD 40	4,000	5,700	15
SD 50	5,000	6,300	13

ตารางที่ 5 ค่ากำลังรับแรงดึงที่จุดคราก และกำลังรับแรงดึงประลัยของเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม., 20 มม. และ 25 มม. ที่ไม่มีข้อต่อ

ขนาดเหล็ก (มม.)	กำลังรับแรงดึงที่จุดคราก (MPa)	กำลังรับแรงดึงประลัย (MPa)	รูปแบบการวิบัติ
16	554	663	ขาดที่เหล็กเสริม
20	588	692	ขาดที่เหล็กเสริม
25	521	675	ขาดที่เหล็กเสริม

2. พฤติกรรมการวิบัติ

เหล็กเสริมส่วนใหญ่เกิดการขาด (Fracture) ที่บริเวณรอยต่อ ซึ่งเป็นพฤติกรรมการวิบัติที่ต้องการในข้อต่อเชิงกล ในงานวิจัยนี้การวิบัติของข้อต่อพบการหลุดเกลียว (Thread Stripping) แต่ไม่พบการการแตกร้าว/เสียรูปของแป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut) ดังที่แสดงในรูปที่ 8 โดยที่พฤติกรรมการวิบัตินี้แสดงให้เห็นว่าแป้นเกลียวดัดแปลง (Modified Nut) ยังมีความสามารถในการถ่ายแรงได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ มีความแข็งแรงของรอยต่อสูงกว่ากำลังครากของเหล็กเสริมทำให้รอยต่อไม่ใช่จุดอ่อนของโครงสร้าง

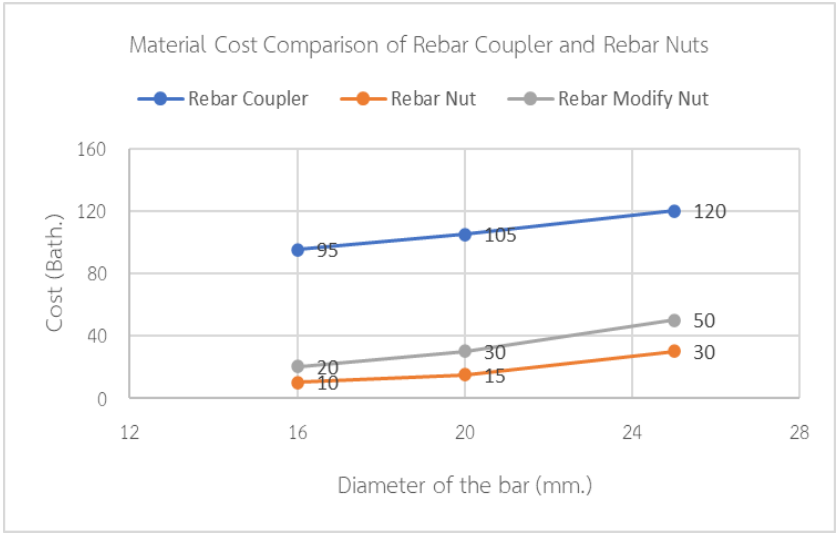


ก) ข) ค) ง)

รูปที่ 8 ลักษณะของการวิบัติของตัวอย่างทดสอบ ก) เหล็กเสริมที่ไม่มีข้อต่อ ข) ข้อต่อเชิงกล (Coupler) ค) แป้นเกลียวมาตรฐาน (Standard Nut) ง) แป้นเกลียวดัดแปลง (Modify Nut)

3. การเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุและการบริหารจัดการพบว่า การใช้แป้นเกลียว (Nut) ดัดแปลง สามารถลดต้นทุนวัสดุต่อจุดต่อเหล็กได้ประมาณ 70 บาท เมื่อเทียบกับ Coupler มาตรฐาน (ประมาณ 2 เท่า) โดยที่ต้นทุนวัสดุของแป้นเกลียว (Nut) มีราคาต่ำกว่าข้อต่อเชิงกล (Coupler) เฉลี่ยถึง 40–60% ดังที่แสดงในรูปที่ 9 โดยที่การใช้แป้นเกลียว (Nut) ช่วยลดเวลาในการผลิตและขนส่งลงประมาณ 25–30% เนื่องจากเป็นวัสดุมาตรฐานที่หาได้ง่ายจากตลาดทั่วไป ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในโครงการที่มีงบประมาณจำกัด เช่น อาคารพักอาศัยขนาดกลาง (Medium-rise Residential Buildings) หรือโครงสร้างรอง (Secondary Structural Elements)



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบต้นทุนของแป้นเกลียว (Nut) กับข้อต่อเชิงกล (Coupler)

สรุปผลและอภิปรายผล

1. สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบรอยต่อภายใต้แรงดึงของแป้นเกลียวที่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติจนสามารถรับแรงดึงได้ใกล้เคียงกับข้อต่อเชิงกลแล้ว สามารถแสดงให้เห็นผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

- ด้านสมรรถนะ: แป้นเกลียวดัดแปลงสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยได้สูงถึง 90% ของ Coupler มาตรฐาน โดยที่ค่าความเค้นที่เกิดวิบัติยังสูงกว่าค่าคราก 1.25 เท่าของเหล็กเสริม ซึ่งชี้ได้ว่าความเสี่ยงจะไม่ส่งผลต่อการออกแบบงานโครงสร้าง
- ด้านการใช้งาน: ผลการทดสอบแรงดึงพบว่าข้อต่อแป้นเกลียวดัดแปลงมีลักษณะการวิบัติ แบบที่เหล็กบางส่วนหลุดออกจากข้อต่อแป้นเกลียวดัดแปลงเนื่องจากเกลียวเสียหาย โดยที่ไม่พบการเสียรูปหรือเสียหายที่ตัวข้อต่อ
- ด้านเศรษฐศาสตร์: แป้นเกลียวดัดแปลงสามารถลดต้นทุนวัสดุและระยะเวลาการจัดหาได้อย่างมีนัยสำคัญ จึงเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานโครงสร้างทั่วไป เช่น เสา คาน และพื้น โดยเฉพาะโครงการที่ต้องการความรวดเร็วและควบคุมงบประมาณ

ดังนั้น จึงอาจสรุปได้ว่า แป้นเกลียวดัดแปลงเป็นวิธีการต่อทาบเหล็กที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทดแทนหรือควบคู่กับข้อต่อเหล็กเชิงกลสำหรับเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม., 20 มม. และ 25 มม. ได้ เนื่องจากรับแรงดึงได้ใกล้เคียงกับข้อต่อเชิงกล แม้ว่าผลการทดสอบแรงดึงจะพบว่ามีการวิบัติเกิดขึ้นที่ตัวเหล็กโดยที่เหล็กบางส่วนหลุดจากข้อต่อ แต่ค่าความเค้นที่เกิดวิบัตินั้นก็ยังสูงกว่าค่าความคราก 1.25 เท่าของเหล็กเสริม ซึ่งบงชี้ได้ว่าไม่มีความเสี่ยงที่ร้ายแรงต่อโครงสร้าง ซึ่งมีข้อดีที่ชัดเจนที่สุดคือช่วยลดความหนาแน่นของเหล็กเสริมบริเวณรอยต่อ, ลดเวลาในการจัดหาวัสดุ และประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างได้เพิ่มมากขึ้น แต่อาจจะยังมีข้อจำกัดที่ต้องให้ความสำคัญในการเตรียมและติดตั้งข้อต่อเพื่อให้ได้รอยต่อที่มั่นคงมีคุณภาพ

2. การอภิปรายผล

ผลการทดลองสามารถยืนยันสมมติฐานหลักของงานวิจัยได้ว่า แป้นเกลียว (Nut) ที่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมมีความสามารถในการรับแรงดึงได้ใกล้เคียงกับข้อต่อเชิงกล (Coupler) มาตรฐาน และให้ความปลอดภัยเพียงพอในเชิงโครงสร้าง รับแรงได้สูงกว่ากำลังครากของเหล็ก อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานจริงต้องมีการควบคุมคุณภาพในการผลิตเกลียวและการขันให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนด

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

- ควรทำการทดสอบพฤติกรรมภายใต้แรงอัดและแรงวัฏจักร (Cyclic Load) เพิ่มเติม เพื่อยืนยันความทนทานต่อแรงแผ่นดินไหว
- ศึกษาผลกระทบของสภาวะแวดล้อม เช่น การกัดกร่อนและอุณหภูมิสูงต่อประสิทธิภาพของข้อต่อ
- พัฒนาและออกแบบแป้นเกลียวให้มีระบบล็อก (Locking System) เพื่อป้องกันการคลายตัวอัตโนมัติภายใต้แรงสั่นสะเทือนหรือแรงซ้ำ.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากความกรุณาอย่างสูงจากคณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่และเสียสละเวลาอันมีค่ามาโดยตลอด จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เรื่อง "กำลังในการรับแรง และพฤติกรรมของแป้นเกลียวจากการทดสอบ" บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ที.โปร. อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัดบริษัท ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์สนับสนุนวัสดุสำคัญในการทดสอบ อาทิ เหล็กเสริมคอนกรีต ข้อต่อเชิงกล และแป้นเกลียวสำหรับการทดลอง เพื่อให้การศึกษาคุณสมบัติทางกลและการเปรียบเทียบสมรรถนะการรับแรงสามารถดำเนินการไปได้อย่างราบรื่น นอกจากนี้ ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการแผนกวิชาช่างก่อสร้าง–โยธา วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและสถานที่สำหรับทดสอบกำลังรับแรงต่าง ๆ ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อการประเมินความเป็นไปได้ในการใช้แป้นเกลียวเพื่อลดต้นทุนการก่อสร้าง

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียนและมิตรสหายทุกท่านที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่บิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดตลอดระยะเวลาของการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

1. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318–19). Farmington Hills, MI: American Concrete Institute; 2019.
2. Park R, Paulay T. Reinforced Concrete Structures. New York: Wiley; 1992.
3. American Welding Society (AWS). Structural Welding Code – Reinforcing Steel (AWS D1.4/D1.4M). Miami, FL: AWS; 2010.
4. ACI Committee 439. Guide for Mechanical Splice of Reinforcing Bars (ACI 439.3R–15). Farmington Hills, MI: American Concrete Institute; 2015.
5. Menegotto M, Pinto P. Method of analysis for cyclically loaded RC frames. IABSE Symposium; 1973.
6. Ling J, Xu Y, Chen X. Behavior of reinforced concrete columns with mechanical splices under cyclic loading. Engineering Structures. 2017;138:245–258.
7. Shigley JE, Mischke CR, Budynas RG. Mechanical Engineering Design. New York: McGraw–Hill; 2004.
8. International Organization for Standardization (ISO). ISO 15835: Steels for the reinforcement of concrete – Reinforcement couplers for mechanical splices of bars. Geneva: ISO; 2020.
9. Zhao Y, Li H, Wang Z. Tensile behavior of bolt–nut assemblies for reinforcement splicing. Construction and Building Materials. 2019;213:447–456.
10. ชาญชัย ศรีวิชัย. การศึกษาสมรรถนะเหล็กกำลังสูง SD50 สำหรับงานโครงสร้าง. วารสารวิศวกรรมโยธาแห่งประเทศไทย. 2561;28(2):45–56.

11. สมชาย พิทักษ์ศิลป์, และคณะ. การเปรียบเทียบสมรรถนะเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ Coupler และการต่อทาบ. วิศวกรรมสาร มข. 2562;46(3):120–132.
12. จิรพงศ์ ภูริเดช. การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้ข้อต่อเชิงกลในงานก่อสร้างอาคารสูง. วิศวกรรมสาร มจพ. 2563;33(1):88–97.
13. Damsara KDP, Kulathunga DDTK. Analysis on effectiveness of rebar couplers in splicing of reinforcement bars. Conference Paper. 2018. Available from: https://www.researchgate.net/publication/325818277_Analysis_on_Effectiveness_of_Rebar_Couplers_in_Splicing_of_Reinforcement_Bars
14. Sajjad M, Jithin AJ, Jung D-W. Fabrication of one-touch rebar coupler for mechanical connections. Journal of the Korean Society for Power System Engineering. 2019;23(1):84–88.
15. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 24–2548 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต: เหล็กข้ออ้อย. กรุงเทพมหานคร: สมอ.; 2548.
16. พชร เครือวิทย์. พฤติกรรมแบบวัฏจักรของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการต่อด้วยข้อต่อเชิงกล [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2556.
17. วีระพงศ์ ดำหนู, สมชาย ปฐมศิริ. กำลังรับแรงและพฤติกรรมของข้อต่อเชิงกลจากการทดสอบ. ใน: การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 30; 28–30 พฤษภาคม 2568; ประจวบคีรีขันธ์, ประเทศไทย; 2025.

การปรับปรุงพัฒนาโครงสร้างชั้นรองพื้นทาง ด้วยกากยางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต

The Improvement Structure of Subbase with Milling Asphaltic Concrete, Portland Cement and Polymer Concrete Admixtures.

บรรเทิง ภู่พวง[1], ณัฐวุฒิ พันธุ์พิพัฒน์[1], ณรงคชัย วิวัฒนาช่าง[1*]

Banthoeng Phuphuang[1], Nattawut Panpipat[1], Narongchai Wiwattanachang[1*]

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีตสำหรับ วัสดุรองพื้นทางผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล (Recycled Asphalt Pavement , RAP) ได้จากโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3331 ตอน หนองพิกุล – ใหม่สามัคคี กม. 0+200 – กม.6+550 ตัวแปรต้นของงานวิจัยนี้ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ร้อยละ 1,2,3,4,5 และ 6 และผลิตภัณฑ์ Sika Latex 751 ประเภทน้ำยาประสานเนื้อคอนกรีตร้อยละ 1.9 ในทุกอัตราส่วนผสมและเงื่อนไขการทดสอบกำลังอัดแกนเดียวที่อายุบ่ม 7 วัน (แช่น้ำ) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength , UCS) ของ RAP ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นและน้ำยาโพลิเมอร์ตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมอันผลมาจาก Calcium Silicates Hydrates (CSH) ในปูนซีเมนต์และสไตรีนบิวทาไดอีนอิมัลชัน (Styrene Butadiene Emulsion) ในน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต

คำสำคัญ : แอสฟัลต์ติกคอนกรีต, ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, Sika Latex, กำลังอัดแกนเดียว

[1] ภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

[1] Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, suphanburi 72130

*Corresponding author: t-patong@hotmail.com

Abstract

This study investigates the feasibility of utilizing recycled asphalt pavement (RAP), modified with Portland cement and a polymer–based concrete admixture, as a sub –base material. The RAP used in this research was obtained from the Highway No. 3331 construction project, section Nong Phikun – Mai Samakkhi, between km 0+200 and km 6+550. The independent variables considered were the proportion of Type I Portland cement (1,2,3,4,5, & 6% and SikaLatex 751, a concrete bonding admixture (1.9%) The unconfined compressive strength (UCS) was evaluated under the curing condition of 7 days (water immersion). The results revealed that the UCS of RAP increased with higher proportions of both Portland cement and polymer admixture. This enhancement is attributed to the formation of calcium silicate hydrates (CSH) from the cement and the contribution of styrene–butadiene emulsion in the polymer–modified concrete admixture.

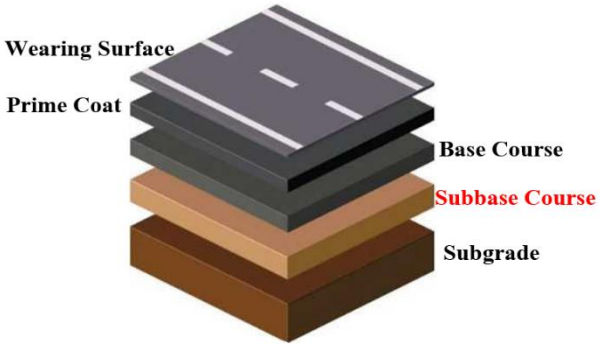
Keywords: Asphaltic Concrete, Portland Cement, Sika Latex, UCS

บทนำ

ในปัจจุบันระบบการคมนาคมถือเป็นโครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะการคมนาคมทางถนนถือเป็นสิ่งก่อสร้างที่สามารถช่วยอำนวยความสะดวกทั้งในด้านการคมนาคมของผู้คน การขนส่งสินค้าหรือบริการต่าง ๆ เพื่อให้ประชาชนได้รับความสะดวกรวดเร็วและปลอดภัยในการเดินทางจากข้อมูล กรมทางหลวงในเดือนมกราคม พ.ศ. 2568 โครงข่ายสายทาง ในความรับผิดชอบมีความยาวถนนมากกว่า 52,293 กิโลเมตร โดยครอบคลุม 1,530 สายทางทั่วประเทศซึ่งได้กระจายอยู่ทั่วภูมิภาคของประเทศไทย [1]

ถนนสายหลักจะนิยมก่อสร้างเป็นผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต (Asphalt Pavement) เมื่อมีการซ่อมแซมผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตด้วยวิธีขูดไส (Milling) ซึ่งจะได้ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตเก่า ในปัจจุบันหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านงานทางมีการขุดรื้อผิวจราจรด้วยวิธีดังกล่าวและพบว่าผิวทางเก่าที่ขุดรื้อมาส่วนใหญ่มักจะถูกนำไปกองเก็บหรือทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ส่งผลให้เกิดเป็นผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ไม่ได้ใช้งานซึ่งในแต่ละปีมีการซ่อมแซมผิวทางด้วยวิธีขูดไส (Milling) มากขึ้นจึงทำให้เกิดผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ขุดรื้อมามีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

กรมทางหลวงจึงได้มีมาตรฐานในการนำวัสดุผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ไม่ได้ใช้งานกลับมาใช้ใหม่ โดยการใช้ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตไม่ได้ใช้งานที่ทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยวัสดุผสมเพิ่มมาแทนมวลรวมหยาบจากธรรมชาติ [2] อีกทั้งยังเป็นการช่วยสนับสนุนการใช้วัสดุผิวทางเก่ามารีไซเคิลในกระบวนการก่อสร้างทาง และลดความต้องการใช้มวลรวมใหม่จากธรรมชาติลง ปัจจุบันมีการรณรงค์ด้านการอนุรักษ์ และใช้สิ่งแวดล้อมให้มีความคุ้มค่ามากขึ้น การปรับปรุงพัฒนาคุณภาพชั้นรองพื้นทาง ด้วยคุณสมบัติปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีตเป็นส่วนประกอบช่วยเพิ่มคุณสมบัติและการทำงานของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลให้ดีขึ้นในด้าน การกำลังรับแรงอัด การป้องกันความชื้นและความคงทนของชั้นวัสดุ เป็นต้น ซึ่งตอบสนองกับความต้องการในด้านการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง (Subbase) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างชั้นทาง Asphaltic Concrete

ที่มาของภาพ https://falconsurfacing.co.uk/typical-tarmac-surfacing-application

ดังนั้นการใช้วัสดุแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีตมีส่วนช่วยลดการใช้วัสดุทางธรรมชาติ เช่น หินคลุก ลูกรัง ทราย และเป็นการพัฒนาด้านวัสดุศาสตร์ ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง [3] งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการพัฒนากำลังอัดแกนเดียวของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต เพื่อเป็นวัสดุงานรองพื้นทางและเปรียบเทียบผลการศึกษากับมาตรฐานของกรมทางหลวงผลการศึกษานี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนให้มีการนำแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลมาเป็นวัสดุทางเลือกใหม่

และอีกหนึ่งประเด็นสำคัญที่ถือว่าเป็นจุดเด่นและน่าสนใจของงานวิจัยนี้ คือ 1. SikaLatex 751 เป็นน้ำยาโพลิเมอร์ชนิดใหม่ที่ยังไม่มีการนำมาวิจัยในเรื่องของสารผสมเพิ่มเพื่องานพัฒนากำลังโครงสร้างรองพื้นทาง (Subbase), 2. การผสมผสานวัสดุ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และ Sika Latex 751 เป็นสารเสริมกำลังแบบไฮบริด (Hybrid Stabilization) ถือเป็นการปรับปรุง RAP แอสฟัลต์รีไซเคิลแบบคู่ (Dual-Modified) ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยใดใช้ผสมร่วมกัน, 3. เป็นการพัฒนาองค์ความรู้เรื่อง Hybrid (Cement + Polymer) สำหรับ (Recycled Asphalt Pavement, RAP), และ 4. มีศักยภาพใช้แทนวัสดุผสมใหม่ได้ในอนาคต สำหรับงานรองพื้นทาง (Subbase) งานวัสดุคัดเลือก A และ B (Select Materials A & B)

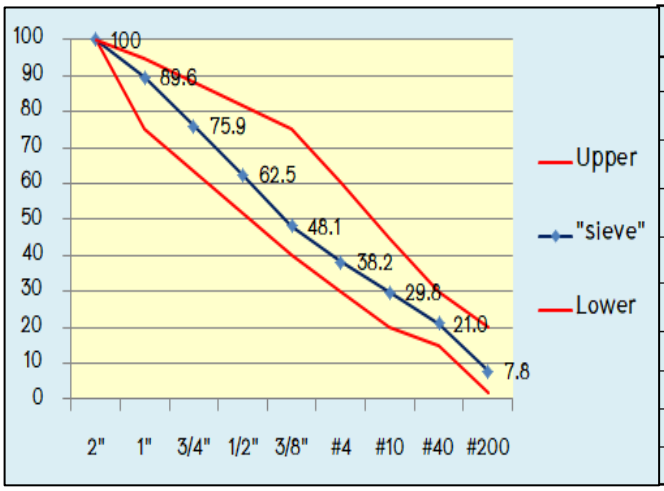
วัสดุ และวิธีการทดสอบ

1. ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล (Recycled Asphalt Pavement, RAP) งานวิจัยนี้ได้ใช้ผิวทางแอสฟัลต์ติก คอนกรีตรีไซเคิลที่นำมาจากโครงการก่อสร้างถนนของแขวงทางหลวงนครสวรรค์ที่ 2 (ตากฟ้า) โดยมีคุณสมบัติพื้นฐานของกรมทางหลวง มาตรฐานงานทางหลวง ทล.-ม.205/2532. มาตรฐานรองพื้นวัสดุมวลรวม [4] และทล.-ม. 206/2564 มาตรฐานรองพื้นทาง (Soil Cement Subbase) [5] ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล

วิธีการทดสอบ	มาตรฐาน	ผลการทดสอบ	เกณฑ์
Liquid Limit (LL)	ทล.-ท.	NA	< 40 %
Plasticity Index (PI)	ทล.-ท.	NP	< 20 %
Dry Density	ทล.-ท.	1.885 gm./ml.	-
Optimum Moisture	ทล.-ท.	2.3%	-
California Bearing Ratio (CBR) [8]	ทล.-ท.	25.6 %	< 25 %

ขนาดคละของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล ทล.-ท.205/2516 วิธีการทดลองหาค่าขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้างวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ (Sieve Analysis) ซึ่งตามมาตรฐานที่กำหนดให้ต้องมีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) ไม่เกินร้อยละ 40 [6] ซึ่งขนาดคละของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นไปตามมาตรฐานชัดอยู่ในเกรด B. ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยลักษณะของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลจะมีลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 3



in.	mm.	%Passing	Grade B	
2"	50.0	100	100	100
1"	25.0	89.6	75	95
3/4"	19.0	75.9		
1/2"	12.5	62.5		
3/8"	9.5	48.1	40	75
#4	-	38.2	30	60
#10	-	29.8	20	45
#40	-	21.0	15	30
#200	-	7.8	2	20

รูปที่ 2 ขนาดคละของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล



รูปที่ 3 ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลที่ร่อนผ่านตะแกรง
ที่มาของภาพ งานวิเคราะห์และทดสอบวัสดุงานทาง สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (Ordinary Portland Cement Type 1)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นปูนซีเมนต์ที่ใช้ ในงานก่อสร้างทั่วไป งานโครงสร้างทั่วไป ตาม มอก.15 เล่ม 1–2555 ดังแสดงในรูปที่ 4

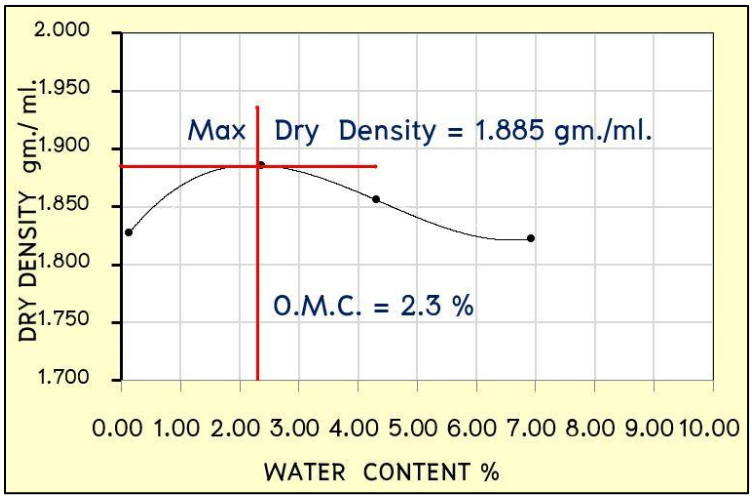
3. น้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต Sika Latex 751 ชนิดน้ำยาประสานคอนกรีตประเภทอิมัลชั่นประเภทของยางสังเคราะห์ช่วยให้มอร์ต้าและคอนกรีตมีคุณสมบัติดีขึ้น และเพิ่มแรงยึดเกาะมีส่วนประกอบหลักทางเคมีชนิดสารสังเคราะห์ Styrene Butadiene Emulsion ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (Ordinary PortlandCementType 1)
ที่มาของภาพ https://ddhome.co.th/scg/prd/602
และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต (Sika Latex 751)
ที่มาของภาพ https://tha.sika.com/th/lanko/technical–mortars/lanko–751–latex.html

4. การเตรียมตัวอย่างและผลการทดสอบ

การเตรียมตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต เริ่มจากการเตรียมผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปริมาณความชื้นที่เหมาะสมร้อยละ 2.3 (Optimum Moisture Content, OMC) ซึ่งได้จากวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่เหมาะสม และความหนาแน่นแห้งสูงสุด

และวัสดุเชื่อมประสาน (ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1) ในอัตราส่วนร้อยละ 1,2,3,4,5, และ 6 ของน้ำหนักผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล และสารผสมเพิ่มประเภทโพลิเมอร์ (น้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต) ในอัตราส่วนร้อยละ 1.9 ของน้ำหนักผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 1,2,3,4,5, และ 6 โดยใช้อัตราส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 2 จากนั้นทำการผสมให้เข้ากันแล้วเทลงในแบบหล่อตัวอย่าง โดยใช้แบบหล่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.24 ซ.ม. สูง 12.70 ซ.ม. ตามมาตรฐาน ทล.-ท. 108/2517

วิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน [7] เมื่อบดอัดตัวอย่างเรียบร้อยแล้วทิ้งตัวอย่างไว้ในแบบหล่อที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวอย่างเซ็ตตัว จากนั้นใช้เครื่องดันตัวอย่างดันตัวอย่างออกจากแบบหล่อ แล้วนำตัวอย่างไปบ่มด้วยการห่อด้วยถุงพลาสติก เพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นระเหยออกจากก้อนตัวอย่าง แล้วทำการบ่มก้อนตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง ที่อายุ 7 วัน เมื่อครบอายุบ่มแล้วให้นำก้อนตัวอย่างไปทำการทดสอบกำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength, UCS) ตามมาตรฐานกรมทางหลวง ทล.-ท.105/2515 วิธีการทดสอบ เพื่อหาค่าแรงอัดแกนเดียว [9] โดยจะทำการทดสอบสภาวะแช่น้ำ (Soaked) ซึ่งจะต้องนำก้อนตัวอย่างไปแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนจึงทำการทดสอบแล้วเสร็จค่าที่ได้จะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวงที่กำหนดค่ากำลังอัดแกนเดียวไว้ไม่น้อยกว่า 17.50 ksc. ปรับแก้มาตรฐาน ค่าระหว่าง 105 – 125 % กรมทางหลวงพิจารณาใช้ค่า 115% [9]

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมระหว่าง RAP : ปูนซีเมนต์ : น้ำยาโพลิเมอร์ : น้ำ

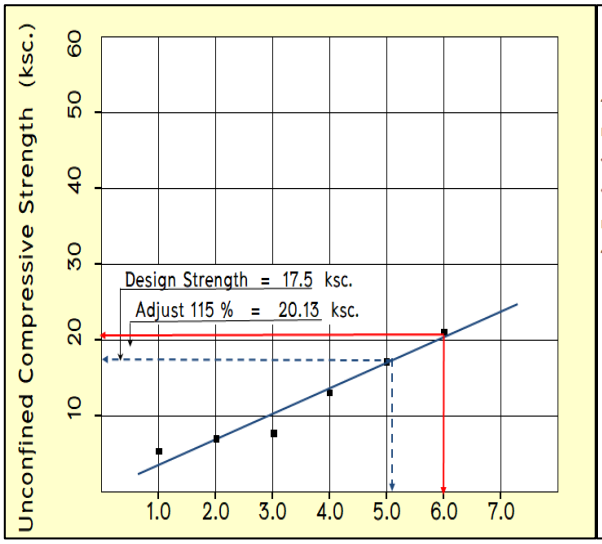
ที่	Portland Type I (%)	(RAP) Wt. Sample (gm)	Original Moisture (%)	Wt. Dry Sample (gm)	Wt. Cement (gm)	Wt. Cement+ Dry Sample	O.M.C. (%)	SikaLatex +Water (gm)
1	1	3,000	0.4	2,987.10	29.9	3,017.0	2.3	28
2	2	3,000	0.4	2,987.10	59.7	3,036.8	2.3	28
3	3	3,000	0.4	2,987.10	89.6	3,076.7	2.3	28.5
4	4	3,000	0.4	2,987.10	119.5	3,106.6	2.3	29
5	5	3,000	0.4	2,987.10	149.4	3,136.5	2.3	29
6	6	3,000	0.4	2,987.10	179.2	3,166.3	2.3	29.5



รูปที่ 6 การทดสอบกำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength, UCS)
ที่มาของภาพ งานวิเคราะห์และทดสอบวัสดุงานทาง สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี)

ผลการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength, UCS) ดังแสดงในรูปที่ 6 ตามมาตรฐานกรมทางหลวง ทล.-ท. 105/2515 ที่อายุ 7 วันผลทดสอบแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดอัดแกนเดียวแบบแช่น้ำ (Soaked) ของตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีตมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของปูนซีเมนต์และน้ำยาโพลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น กำลังอัดแกนเดียวแบบแช่น้ำของตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ และน้ำยาโพลิเมอร์มีค่าเท่ากับ 5.8 , 6.4 , 6.6 , 13.1 , 16.6 และ 20.13 ksc. สำหรับปริมาณปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 1,2,3,4,5 และ 6 ตามลำดับโดยใส่น้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีตเพิ่มร้อยละ 1.9 ในทุกอัตราส่วนผสม กำลังอัดแกนเดียวที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ และสารผสมเพิ่มประเภทน้ำยาโพลิเมอร์



สำนักงานทางหลวงที่ 11 กรมทางหลวง
กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ -
เจ้าของตัวอย่าง นายบรรเทิง ภู่พวง สัญญาที่ -
หนังสือที่ - วันที่รับหนังสือ 8 มี.ค. 68
ทางสาย -
เจ้าหน้าที่ทดลอง วิเชียรชัย,อัยสวรรค์
วันที่รับตัวอย่าง 8 มี.ค. 68 วันที่ทดลอง 2 พ.ค. 68

UNCONFINED COMPRESSION TEST

Cement Content	1.00	%	=	5.8	ksc.
Cement Content	2.00	%	=	6.4	ksc.
Cement Content	3.00	%	=	6.6	ksc.
Cement Content	4.00	%	=	13.1	ksc.
Cement Content	5.00	%	=	16.6	ksc.
Cement Content	6.00	%	=	20.13	ksc.
Design Strength			=	17.5	ksc.
Adjust 115% Design Strength For Efficiency			=	20.13	ksc.

รูปที่ 7 กำลังรับแรงอัดแกนเดียวแบบแช่น้ำของตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต

กำลังอัดแกนเดียวแบบแช่น้ำ (Soaked) ของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต ที่อายุ 7 วัน ที่ร้อยละ 6 และร้อยละ 1.9 มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 20.13 ksc. ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง ทล.-ท. 105/2515

อิทธิพลของปูนซีเมนต์ และน้ำยาโพลิเมอร์ต่อกำลังอัดแกนเดียวแบบแช่น้ำ (Soaked) ของตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่าตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต รีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีตให้ผลกำลังอัดแกนเดียวตรงตามมาตรฐานสำหรับทุกปริมาณซีเมนต์และเงื่อนไขการแช่น้ำ เนื่องจากปูนซีเมนต์และน้ำยาโพลิเมอร์เป็นส่วนผสมด้านวัสดุที่เสริมกำลัง ทำให้การพัฒนากำลังอัดของตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต ที่อายุบ่ม 7 วัน ที่ร้อยละ 6 มีค่าเท่ากับ 21.30 ksc. และจากมาตรฐานของกรมทางหลวงที่กำหนดกำลังอัดแกนเดียวแบบแช่น้ำ (Soaked) ไว้ไม่น้อยกว่า 17.50 ksc. ปรับแก้มาตรฐาน ค่าระหว่าง 105 – 125 %

กรมทางหลวงพิจารณาใช้ค่า 115 % พบว่าตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ที่ร้อยละ6 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีตที่ร้อยละ 1.9 ให้ค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.13 ksc.

บทสรุป

จากการศึกษากำลังอัดแกนเดียวของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลมีลักษณะเป็น Non-Plastic, ค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1.885 gm./ml. ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC) มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.3 และสามารถจำแนกผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลเป็นวัสดุชั้นรองพื้นทาง (Subbase) เกรด B ตามการทดสอบ Sieve Analysis

2. กำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength, UCS) ของตัวอย่างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลที่ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต ที่อายุบ่ม 7 วัน ตามปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1,2,3,4,5 และ 6 ตามลำดับโดยใส่น้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีตเพิ่มร้อยละ 1.9 ในทุกอัตราส่วนผสมแบบแช่น้ำ (Soaked) มีค่าเท่ากับ 5.8 , 6.4 , 6.6 , 13.1 , 16.6 และ 20.13 ksc. ตามลำดับ

3. ด้านอิทธิพลที่ส่งผลกับกำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength, UCS) ประกอบด้วย 2 ชนิด คือ 1. Calcium Silicates Hydrates (CSH) ซึ่งมีในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ซีเมนต์ทำกับน้ำเป็นผลให้เกิดไฮเดรชันหลายชนิด เช่น (CSH), Ca(OH)2, AFt (ettringite) และ AFm แต่ (CSH) เป็นเฟสที่รับแรง (Load – Bearing Phase) มากที่สุด กล่าวคือ ค่า CSH เป็นตัวกำหนดกำลังอัดแกนเดี่ยว(UCS)ของวัสดุซีเมนต์มากที่สุดเพราะเป็นเฟสหลักที่รับแรง และสร้างโครงข่ายแข็งของวัสดุ การเพิ่มขึ้นของปริมาณและความหนาแน่นของ CSH ทำให้ ลดความพรุนรวมและเพิ่มการเชื่อมต่อของความพรุน, เพิ่มความหนาแน่นของเมทริกซ์วัสดุ, เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (Bonding), ลดการเกิดและลุกลามของ Microcracks เพิ่มความแข็งและความเสถียรของโครงสร้าง ดังนั้นยิ่ง CSH มากส่งผลให้ UCS เรียงตัวแน่นการพัฒนากำลังสูงขึ้น และ 2. สไตรีนบิวทาไดอีนอิมัลชั่น (Styrene Butadiene Emulsion) เป็นสารสังเคราะห์ซึ่งมีในน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต (Sika Latex 751) มีผลกับกำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength, UCS) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 คุณสมบัติ, การยึดเกาะ (Adhesion), ความเหนียว (Toughness), ต้านทานความชื้น, และป้องกันการเกิดรอยแตกร้าว และส่วนที่ 2 การพัฒนากำลัง, เพิ่มค่ากำลังอัดแกนเดี่ยว (UCS) ได้สูงขึ้น, การลดความพรุน, ปรับปรุงพื้นที่รอยต่อ, และสร้างฟิล์มโพลิเมอร์ที่เพิ่มการยึดเหนี่ยวของโครงสร้างซีเมนต์กับแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิล (Recycled Asphalt Pavement , RAP)

4. เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมาตรฐานกรมทางหลวงพบว่าปริมาณของวัสดุเชื่อมประสาน (ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และน้ำยาโพลิเมอร์ผสมคอนกรีต (Sika Latex 751) ที่ความเหมาะสมร้อยละ 6 และร้อยละ 1.9 (ของสารผสมเพิ่มประเภทโพลิเมอร์) ซึ่งให้ค่ากำลังอัดแกนเดียวผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง ที่กำหนดให้ค่ากำลังอัดแกนเดียวไม่น้อยกว่า 17.50 ksc.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ แขวงทางหลวงนครสวรรค์ที่2 (ตากฟ้า) ที่เอื้อเฟื้อ ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรีไซเคิลที่ใช้ในการทำวิจัย, ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์วัสดุงานทาง สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี) ที่สนับสนุนและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้และสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์สุพรรณบุรี) ที่ให้ความช่วยเหลืออนุเคราะห์การใช้เครื่องมือและสถานที่ทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักบำรุงทาง, กรมทางหลวง. (2567). บัญชีโครงข่ายทางหลวง ประจำปีงบประมาณ 2568.

กรมทางหลวง. (2567). ทล-ม.213/2567 มาตรฐานการหมุนเวียนวัสดุงานเดิมมาใช้ใหม่ (Pavement Recycilng).

สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย.(2565). ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1.

กรมทางหลวง.(2532). ทล.-ม.205/2532. มาตรฐานรองพื้นวัสดุมวลรวม.

กรมทางหลวง.(2564). ทล.-ม.206/2564. มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Subbase).

กรมทางหลวง.(2517). ทล.-ท.205/2517. วิธีการทดลองขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง.

กรมทางหลวง.(2517). ทล.-ท.108/2517. วิธีการทดลองสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน.

กรมทางหลวง.(2517). ทล.-ท.109/2517. วิธีการทดลองสอบเพื่อหาค่า CBR.

กรมทางหลวง.(2515). ทล.-ท.105/2515. วิธีการทดลองสอบหาค่า Unconfined Compressive Strength (UCS).

กรองกาญจน์ เทือกกอง, เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์, วีระวัฒน์ วรรณกุล, วรวิทย์ โพธิ์จันทร์, ศักดิ์ชัย ศรีจันทร์ดำ และชินะวัฒน์ มุกตพันธุ์ (2566). กำลังอัดแกนเดียวของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก Unconfined Compressive Strength Of Recycled Asphalt Pavement Improved By Hydraulic Cement. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28 , ภูเก็ต , 24 – 26 พฤษภาคม 2566.

ทวีศักดิ์ ศรีจันทรีอินทร์ (2558). การปรับปรงคุณภาพของหินปลายตะแกรงสำหรับงานก่อสร้างถนน. รายงานวิจัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ปัญญา สุวรรณกลาง, สุภัณกฤษ ชาชำนาญ และเชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์(2565).กำลังอัดแกนเดียว และกำลังแรงดึงทางอ้อมของขยะหินคลุกผสมซีเมนต์ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, เชียงราย, 24 – 26 สิงหาคม 2565.

อธิคมาตร์ แสงแก้ว (2561). อิทธิพลของการกระจายตัวของขนาดคละที่มีผลพ่อกำลังอัดแกนเดียวของผิวทางของแอสฟัลต์คอนกรีตเก่าที่ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์. โครงงานมหาบัณฑิต,สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อาทิตย์ อินทรา (2556). อิทรพลของปริมาณผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่นำกลับมาใช้ใหม่ต่อกำลังอัดของวัสดุชั้นพื้นทางที่ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์. โครงงานมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ขวัญชัย เทศฉาย,บำรุง บัวชื่น (2567). การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุรองพื้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเก่าเป็นส่วนผสม. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา – ตาก.

เฉลิมพล ไชยแก้ว, พัชรียา ไชยแก้ว, และ วรัญ ณ สงขลา (2564). การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากแอสฟัลต์คอนกรีตเก่าและยิปซัมสังเคราะห์เพื่อทดแทนวัสดุงานชั้นทาง. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

Muhammad Arshad, Muhammad Farooq Ahmed. (2017). Potential use of reclaimed asphalt pavement and recycled concrete aggregate in base/subbase layers of flexible pavements. Construction and Building Materials, Vol.151, pp.83–97. Available from: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.028.

Mohsin Alizadeh, Pouria Hajikarimi, Ali Khodaii (2025). Investigation of the mechanical performance of high-RAP WMA mixtures incorporating Sasobit and bio-oil rejuvenators. Results in Engineering. Available from: DOI : 10.1016/j.rineng. 2025. 107141

Jingwen Shi, Mengmei Liu, Zhiyong Zhou, Jie Yang, Bicheng Wei, Yonghao Wu, Lele Wang, Mizi Fan. Study on the texture and evolution law of micro-surfacing of cold recycled fine RAP under long-term load skid resistance. Constructionand Building Materials, Volume96, 24October2025, 143771. Available from:https://doi.org/10.10.10/j.conbuildmat. 2025. 143771.

การเสริมความแข็งแรงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสาธารณะเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวและน้ำท่วมในภาคเหนือของประเทศไทย

Strengthening of Public Reinforced Concrete Buildings against Earthquake and Flood Hazards in Northern Thailand

เจนศักดิ์ คชนิล[1*] ปัทมาภรณ์ เครือฟั่น[1] และ วีรพัศ ติ๊บใจ[1]

Jensak Koschanin[1*], Pattamaporn Khrueafan [1] and Weerapat Tipjai[1]

บทคัดย่อ

พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้รอยเลื่อนมีพลังและประสบอุทกภัยเป็นประจำ ส่งผลให้อาคารสาธารณะเก่าที่ก่อสร้างตามแบบมาตรฐานเดิมมีความเสี่ยงต่อความเสียหายภายใต้ “ภัยพิบัติสองมิติ” ได้แก่ แผ่นดินไหวและน้ำท่วม งานวิจัยด้านการเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่รองรับสองภัยพร้อมกันยังมีจำกัด จึงเกิดช่องว่างเชิงองค์ความรู้และแนวปฏิบัติ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินสมรรถนะของอาคารสาธารณะคอนกรีตเสริมเหล็กเก่าภายใต้แรงแผ่นดินไหวร่วมกับแรงจากน้ำท่วม และ (2) พัฒนาแนวทางการเสริมกำลังที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มระดับความปลอดภัย อาคารต้นแบบคืออาคารเรียนมาตรฐาน สน.ศท.3/12 (ปรับปรุง 2545) กระทรวงมหาดไทย ซึ่งใช้งานจริงในภาคเหนือ กระบวนการวิจัยประกอบด้วยการทบทวนมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง การจัดเก็บข้อมูลอันตรายเฉพาะพื้นที่ การสร้างแบบจำลองโครงสร้างด้วยโปรแกรม ETABS และการวิเคราะห์แรงกระทำรวม 9 รูปแบบ ครอบคลุมแรงแนวดิ่ง แรงแผ่นดินไหว และแรงจากน้ำท่วม พร้อมประเมินอัตราความต้องการต่อความสามารถ (DCR) เพื่อระบุส่วนวิกฤติ มาตรการเสริมกำลังที่นำเสนอคือการหุ้มเสาด้วยคอนกรีต (RC Jacketing) และวิเคราะห์โครงสร้างซ้ำหลังการเสริมกำลัง ผลการวิจัยพบว่าแนวทางดังกล่าวสามารถเพิ่มกำลังรับแรงด้านข้างของอาคาร ลดค่า DCR ของส่วนวิกฤติให้ต่ำกว่า 1.0 และยกระดับสมรรถนะจากสภาวะวิกฤติสู่ระดับใช้งานได้อย่างปลอดภัย บทสรุปชี้ว่ากรอบวิธีวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้กับอาคารสาธารณะเก่าในพื้นที่เสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมข้อเสนอให้ขยายผลสู่การวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็นและการประเมินต้นทุน–ประสิทธิผลเพื่อใช้ในการกำหนดลำดับความสำคัญด้านการลงทุนระดับพื้นที่ต่อไป

คำสำคัญ: อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก, อัตราความต้องการต่อความสามารถ (DCR)} การหุ้มเสาด้วยคอนกรีต, การเสริมกำลังโครงสร้าง, การประเมินสมรรถนะ

[1] หลักสูตรวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

[1] Department of Construction Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000

[*]Corresponding author: jensakpanda@gmail.com

Abstract

Northern Thailand lies close to active fault zones and often experiences repeated flooding. These conditions place older public reinforced–concrete (RC) buildings constructed under outdated standard designs at high risk when subjected to the combined hazards of earthquakes and floods. Current research on RC building retrofitting mostly focuses on single–hazard scenarios, leaving a clear knowledge gap for multi–hazard strengthening. This study aims to (1) assess the performance of an existing public RC building under combined seismic and flood effects, and (2) propose an effective retrofit method to improve safety. The case study is a two–story standard school building (Model: SN.S.T. 3/12, revised 2002) under the Ministry of Interior, located in northern Thailand. The methodology includes reviewing relevant design standards, collecting local seismic and flood hazard data, developing a structural model in ETABS, and analyzing nine combined loading cases that include gravity loads, bidirectional earthquake forces, and flood forces. Structural performance was evaluated using the demand to capacity ratio (DCR) to identify critical members. The selected retrofit measure reinforced–concrete jacketing of deficient columns was modeled and reassessed. The results show that the retrofit significantly increases lateral load resistance and reduces DCR values to below 1.0. This improvement shifts the building's performance level from a critical or limited–function state to a safer, serviceable condition. The findings demonstrate that the integrated methodology can be applied to aging public buildings in high–risk regions and can support the development of practical retrofit guidelines. Future work should include probabilistic risk assessment and cost–effectiveness analysis to guide investment decisions at local and national scales.

Keywords: Reinforced concrete buildings, Demand to capacity ratio (DCR), RC jacketing, Retrofit, Performance assessment

Introduction

Northern Thailand is one of the regions most exposed to multi–hazard conditions, particularly earthquakes and recurrent flooding. These hazards have become more frequent and more severe during the past decade (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2022; World Bank, 2023). The 2011 nationwide flood and the 2014 Chiang Rai earthquake (Mw 6.3) demonstrated that many public buildings in Thailand are not adequately designed to resist combined hazards. Most reinforced–concrete (RC) public buildings were constructed using standard designs that consider only static loads and do not account for bidirectional seismic effects or flood–induced forces such as hydrostatic pressure and hydrodynamic flow (Thai Meteorological Department, 2024). According to the Department of Public Works and Town & Country Planning (2018), more than 70% of medium–sized public buildings in northern Thailand lack sufficient lateral stiffness and confinement reinforcement, increasing their vulnerability to seismic shaking. In parallel, major floodplains along the Yom and Nan Rivers experience flood depths of 0.8–2.5 m per event, generating significant hydrostatic and hydrodynamic actions on walls and foundations (National Hydroinformatics and Climate Data Center, 2024; Leelawat et al., 2025). Ignoring these forces can underestimate lateral demand by 20–25% (Cantelmo & Cuomo, 2021; Federal Emergency Management Agency, 2020). Recent studies (2020–2025) show a shift from

single–hazard to integrated multi–hazard design, which considers interacting earthquake–flood effects (Sansoni, 2021). However, there remains a lack of engineering frameworks suited to tropical monsoon regions, where building types and construction practices differ from those in Europe or North America (Platt, 2021; Braik et al., 2025). International standards such as ASCE/SEI 7–22 and ISO 2021 now include guidance for evaluating flood and seismic forces together (American Society of Civil Engineers, 2022; International Organization for Standardization, 2021). These frameworks specify coefficients for flood flow, debris impact and structural response. Yet applying these approaches in Thailand remains challenging due to material limitations, foundation types and construction costs (Ananwattanaporn, 2021; Alam et al., 2025). To address this gap, the present study develops an integrated Performance–Based Multi–Hazard Retrofitting Framework for public RC buildings. A standard school building used by the Ministry of Interior in northern Thailand serves as the case study. The methodology includes: (1) reviewing international codes and national regulations; (2) modelling the building in ETABS under gravity loads, bidirectional seismic actions and three flood scenarios (static, dynamic and debris impact); (3) assessing component performance using the Demand–Capacity Ratio (DCR); and (4) evaluating the economic feasibility of retrofit options, such as RC jacketing and fibre–reinforced polymer (FRP) strengthening. The findings aim to enhance the safety of public buildings exposed to recurrent multi–hazard conditions and support sustainable infrastructure development aligned with SDG 11 (UN–Habitat, 2021).

Objectives of the Study

1. To investigate retrofit strategies for reinforced–concrete (RC) buildings subjected to combined earthquake and flood hazards.

2. To analyze and design appropriate retrofit measures that enhance the dual–hazard resistance of RC buildings.

Research Framework and Hypothesis

This study adopts an engineering–oriented applied research approach that integrates structural design standards with numerical modelling. The research framework and hypothesis are based on the assumption that existing public RC buildings in Thailand, designed under past national standards, were not intended to resist combined “multi–hazard” conditions involving both seismic and flood loads. Therefore, a new retrofit approach must be developed using local hazard data and validated through structural modelling before being applied in practice.

1. Research Framework

1.1 Context and Criteria Review– Relevant Thai regulations and international standards were reviewed, including DPT 1301/1302–61 (2018), ASCE 7–22 (2022) and FEMA P–2082 (2020). This stage established the hazard criteria and structural requirements for the case–study building.

1.2 Structural modeling and response evaluation – This research selected a standard school building model commonly used by the Ministry of Interior in northern Thailand, in this case a 3–storey, 12–classroom building as the

prototype. A numerical model was developed in ETABS considering the material properties, the behavior of beams and columns, and the hazards identified in Section 1.1. Structural performance was assessed using the demand capacity ratio (DCR) to identify key components.

1.3 Retrofitting Scheme Development – A retrofit strategy consistent with Thai practice, namely reinforced–concrete jacketing with added transverse reinforcement, was designed. The retrofitted model was re analyzed under the same multi hazard load combinations, and pre and post retrofit DCR values were compared.

2. Research Hypothesis

Applying a ductility oriented retrofit method specifically RC jacketing will reduce the DCR of critical members to below 1.0, meeting accepted performance criteria under multi hazard conditions.

Research Methodology

This study uses an Analytical–Simulation Method within an applied engineering framework to develop retrofit solutions for RC public buildings exposed to combined earthquake and flood actions. The methodology includes:

1. Data Collection and Standard Review. – Reviewing national and international design standards such as DPT 1301/1302–61 (2018), ASCE 7–22 (2022), ISO 2394 (2021) and FEMA P–2082 (2020).

2 Selection of Case Study Building. – Adopting a standard RC school building (SN.S.T.3/12, 2002 revision) from the Department of Local Administration under the Ministry of Interior, currently in use in northern Thailand.

3 Structural Modelling and Analysis – Developing the ETABS model, identifying members with DCR > 1.0 and determining locations requiring strengthening.

4. Retrofit Design and Simulation. – Applying RC jacketing with enhanced transverse reinforcement in critical zones and re–analyzing the structure to compare DCR values before and after strengthening.

Results

1. Retrofit Strategies for Dual–Hazard Resistance

The study confirms that the standard SN.S.T.3/12 (2002) building was not originally designed for combined seismic and flood hazards. The main findings are:

1.1 Structural Characteristics of the Original Design. – Insufficient transverse reinforcement was found at column ends, beam ends and beam–column joints. This deficiency can lead to brittle failure modes under intense shaking.

1.2 Seismic Hazard Input for Structural Assessment. – The building is located in northern Thailand. The site selected for analysis—Sung Men District, Phrae Province—represents one of the areas with the highest seismic response spectrum values. The essential seismic parameters used for analysis are summarized in Table 1.

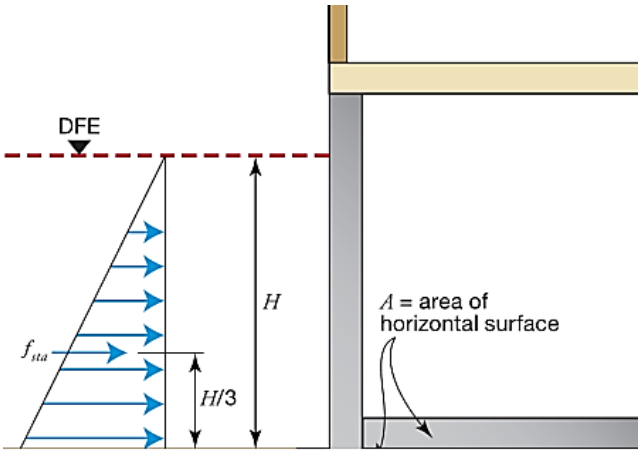
Table 1 Seismic Parameters Used for Structural Assessment

Data used for analysis	value	Data used for analysis	value
Location of the prototype building studied		Lateral resistance system	
S_S (Sung Men District, Phrae Province)	1.021 g	R	5
S_1 (Sung Men District, Phrae Province)	0.276 g	Ω_0	3
Soil type	D	C_d	4.5
F_a	1.1	Natural vibration period of the structure	
F_v	1.848	T = 0.02H = 0.02x23	0.46
$S_{MS} = F_aS_S$	1.123	$T_S = S_{D1}/S_{DS}$	0.454
$S_{M1} = F_vS_1$	0.51	Base shear of the building	
$S_{DS} = (2/3)S_{MS}$	0.749	S_a	0.749 g
$S_{D1} = (2/3)S_{M1}$	0.34	$C_S = S_a(I/R)$	0.3745 g
Importance Factors (III)	1.25	$V = C_SW$	0.3745 W
Building classification	D	k	1

1.3 Flood-Induced Forces for Structural Assessment – The flood loads acting on the building were determined based on recognized design guidelines (ASCE 7-22, 2022; Singh, 2016). The analysis applied the following assumptions: an average floodwater velocity of 2.25 m/s, representing the upper bound observed during the 2015 Chennai flood; flood flow parallel to the building façade with direct impact; and a normal debris hazard condition. The parameters used include W = debris weight (5 kN), C_B = blockage coefficient (1.0), and C_{str} = building structural coefficient (0.8).

1.3.1 Lateral Hydrostatic load – Hydrostatic pressure is exerted at every point where floodwater contacts the structure. It acts perpendicular to the surface and increases linearly with depth. The structural effect of hydrostatic pressure can be evaluated using Equation (1), while the distribution of the applied load on the building is illustrated in Figure 1.

$$f_{sta} = \frac{1}{2}P_hH = \frac{1}{2}\gamma_w H^2 \qquad \text{Equation 1}$$



where:

f_{sta} = hydrostatic force from standing water (kN/m) acting at a distance H/3 above ground

P_h = hydrostatic pressure due to standing water at a depth of H (kN/m^2), ($P_h = \gamma_w H$)

γ_w = specific weight of water (9.8 kN/m^3 for seawater)

H = floodproofing design depth (m)

Figure 1 Hydrostatic load on building (Singh, 2016)

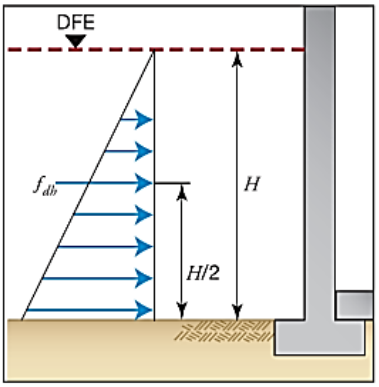
1.3.2 Hydrodynamic Loading – Hydrodynamic forces depend on the flow velocity and the geometry of the structure. Low–velocity hydrodynamic conditions refer to floodwater velocities not exceeding 10 ft/s, while high–velocity conditions correspond to velocities greater than 10 ft/s. For low–velocity cases, hydrodynamic forces can be converted into an equivalent hydrostatic load by increasing the effective water depth by an increment dh, as expressed in Equation (2). The value of dh is then transformed into an equivalent hydrostatic pressure using the basic lateral hydrostatic pressure equation presented earlier, as shown in Equation (3). The distribution and direction of hydrodynamic forces acting on the structure are illustrated in Figure 2.

$$dh = \frac{C_d V^2}{2g} \qquad \text{Equation 2}$$

$$f_{dh} = \gamma_w (dh) H = P_{dh} H \qquad \text{Equation 3}$$

Table 2 Drag Coefficients for Ratios of Width to Height (w/h) (Singh, 2016).

Width to Height Ratio (*b/H*)	Drag Coefficient (C_d)	Width to Height Ratio (*b/H*)	Drag Coefficient (C_d)
1–12	1.25	41–80	1.75
13–20	1.3	81–120	1.8
21–32	1.4	>120	2
33–40	1.5		



Although f_{dh} is considered a hydrostatic force for velocities under 10 ft/sec, it acts at a point $H/2$, similarly to lateral hydrodynamic forces.

where:

dh = equivalent head due to low velocity flood flows (m), C_d = drag coefficient (from Table 2), V = velocity of floodwater (m/sec), *g* = acceleration of gravity (equal to 9.8 m/sec^2), f_{dh} = equivalent hydrostatic force due to low velocity flood flows (kN/m), γ_w = specific weight of water (9.8 kN/m^3 for saltwater), *H* = floodproofing design depth (m), P_{dh} = hydrostatic pressure due to low velocity flood flows (kN/m^2) ($P_{dh} = \gamma_w\ (dh)$)

Figure 2 Hydrodynamic force on building (Singh, 2016)

1.3.3 Debris Impact Load – Debris impact load refers to the horizontal force generated by floating objects transported by floodwater at or below the water surface. This load represents the impact of debris moving at the same velocity as the flood flow and striking one square foot of submerged structural area oriented perpendicular to the direction of flow (Figure 3). The debris impact force can be calculated using Equation (4).

$$F_i = WVC_BC_DC_{str} \qquad \text{Equation 4}$$

where:

F_i = impact force (kN), *W* = weight of the object (kN), *V* = velocity of water (m/sec), C_D = depth coefficient (see Table 3), C_B = blockage coefficient (taken as 1.0 for no upstream screening, flow path greater than 30 ft; see Table 4 for more information), C_{Str} = building structure coefficient (0.2 for timber pile and masonry column supported structures 3 stories or less in height above grade, 0.4 for concrete pile or concrete or steel moment resisting frames 3 stories or less in height above grade, and 0.8 for reinforced concrete (including insulated concrete) and reinforced masonry foundation walls)

Table 3 Depth Coefficient (C_D) by Flood Hazard Zone and Water Depth (ASCE 7–22, 2022).

Flood Hazard Zone and Water Depth	C_D	Flood Hazard Zone and Water Depth	C_D
Floodway or Zone V	1	Zone A, Stillwater flood dept = 3 ft	0.5
Zone A, Stillwater flood dept > 5 ft	1	Zone A, Stillwater flood dept = 2 ft	0.25
Zone A, Stillwater flood dept = 4 ft	0.75	Zone A, Stillwater flood dept < 1 ft	0

Table 4 Values of Blockage Coefficient (C_B) (ASCE 7–22, 2022).

Degree of Screening or Sheltering within 100 ft Upstream	C_B
No upstream screening, flow path wider than 30 ft	1.00
Limited upstream screening, flow path 20 ft wide	0.60
Moderate upstream screening, flow path 10 ft wide	0.20
Dense upstream screening, flow path less than 5 ft wide	0.00

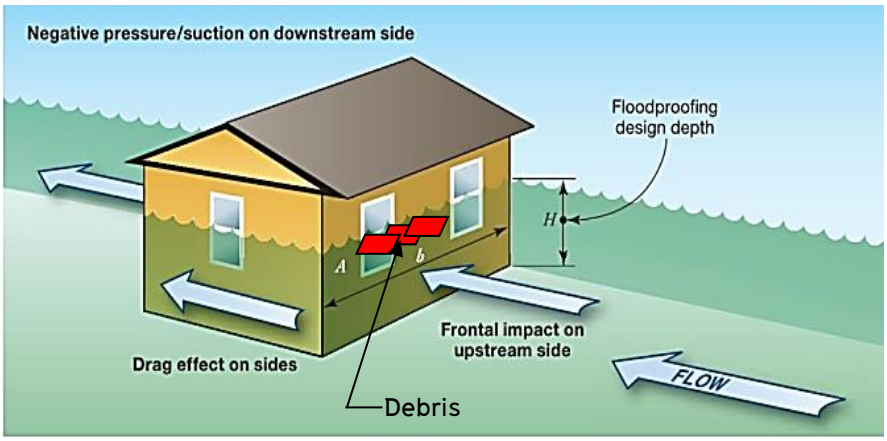


Figure 3 Hydrodynamic and impact forces (Singh, 2016)

When considering the floodwater depth measured from the ground surface to the water level, a design flood height of H = 3.00 m was adopted for the analysis. The resulting lateral forces acting on the building under this flood condition are summarized in Table 5.

Table 5 Forces acting on buildings for flood simulation

Forces acting on buildings (F_a)	1. Lateral Hydro Static Load	2. Hydro Dynamic Load	3. Debris Impact Load
F_a (kN/m)	44.1	9.5	11.25
Position of F_a above ground (m)	1	1.5	3

1.4 Load Combination – The load combinations used to evaluate the structural effects of flood actions were based on the procedures specified in ASCE 7–22 (2022). The applicable combinations for flood analysis are presented in Equations (5)–(6).

$$W_L = 1.2DL+0.5W+1.0F_a+1.0LL+(0.5Lr \text{ or } 0.3S \text{ or } 0.5R \quad \text{Equations}$$

$$W_L = 0.9DL+0.5W+1.0F_a \quad \text{Equations}$$

Where W_L = Lateral load from flood, DL = Dead load, F_a = Flood load (Lateral Hydro Static Load, Hydro Dynamic Load, and Debris Impact Load), LL = Live load, R = Rain load, S = Snow load, W = Wind load

2. Analysis and Design of the Retrofit Scheme for Dual–Hazard Resistance

The structural modelling of the reinforced–concrete (RC) building was carried out to evaluate its behavior under vertical loads, seismic actions and flood–induced lateral forces. The key components of the analysis are summarized as follows:

2.1 Material Properties – Concrete compressive strength: f'c = 240 ksc. Tensile strength of reinforcing steel: SD–30 (f'_y = 3,000 ksc), SD–40 (f'_y = 4,000 ksc), SR–24 (f'_y = 2,400 ksc).

2.2 Cracked Stiffness Modifiers – Cracked stiffness modifiers were applied to reflect realistic in–service behaviour: Beams (I_g = 0.35, I_V = 0.40, I_T = 0.10), Columns (I_g = 0.70, I_V = 0.40, I_T = 0.10).

2.3 Load Combination – Three major load types were considered: vertical loads (DL, LL), earthquake loads (EQx, EQy) and flood forces (F_a). The combinations were based on Thai DPT standards DPT 1301/1302–61 (2018) and ASCE 7–22 (2022). The load combinations used in the ETABS analysis are:

1) 1.4DL+1.7LL
2) 0.75(1.4DL+1.7LL)+1.0EQx
3) 0.75(1.4DL+1.7LL)+1.0EQy
4) 0.9DL+1.0EQx
5) 0.9DL+1.0EQy
6) 1.2DL+1.0LL+0.3EQy+1.0EQx
7) 1.2DL+1.0LL+1.0EQy+0.3EQx
8) 1.2DL+0.5W+1.0Fa+1.0LL+0.5Lr
9) 0.9DL+0.5W+1.0Fa

Flood load effects were considered only in the direction perpendicular to the building's y–axis, as this façade has the largest exposed surface.

2.4 Structural Analysis under Combined Earthquake and Flood Loads – The ETABS model used the actual structural geometry, reinforcement and material properties. The building was analyzed under nine load combinations to capture combined vertical, seismic and flood effects. Key responses and critical elements requiring strengthening are summarized in Figures 4–7.

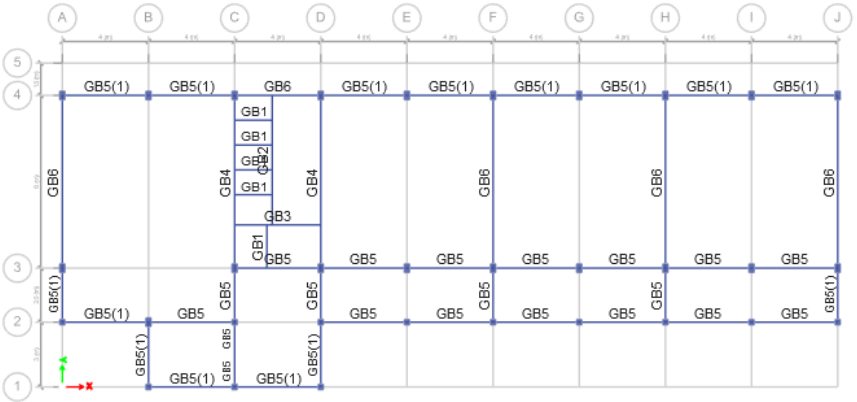


Figure 4 Floor plan 1st

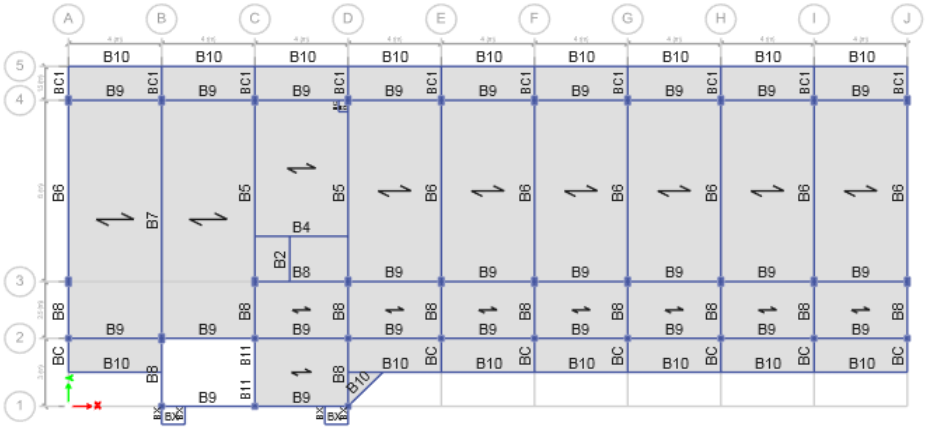


Figure 5 Floor plan 2nd

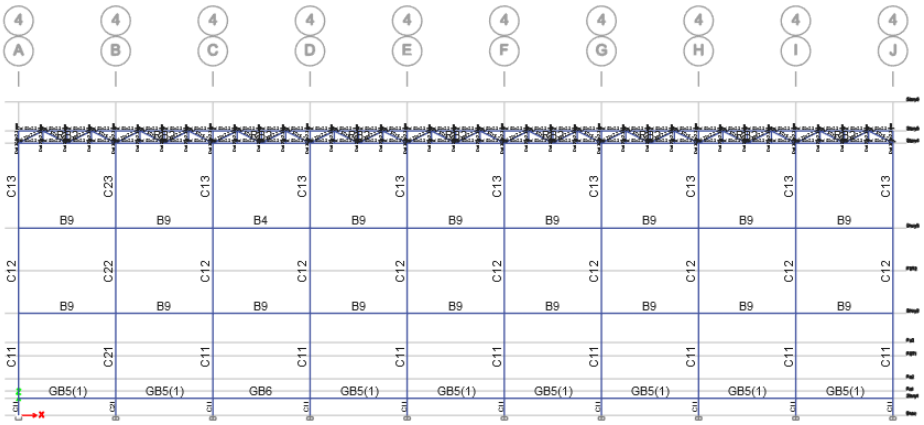


Figure 6 Section view grid line 4

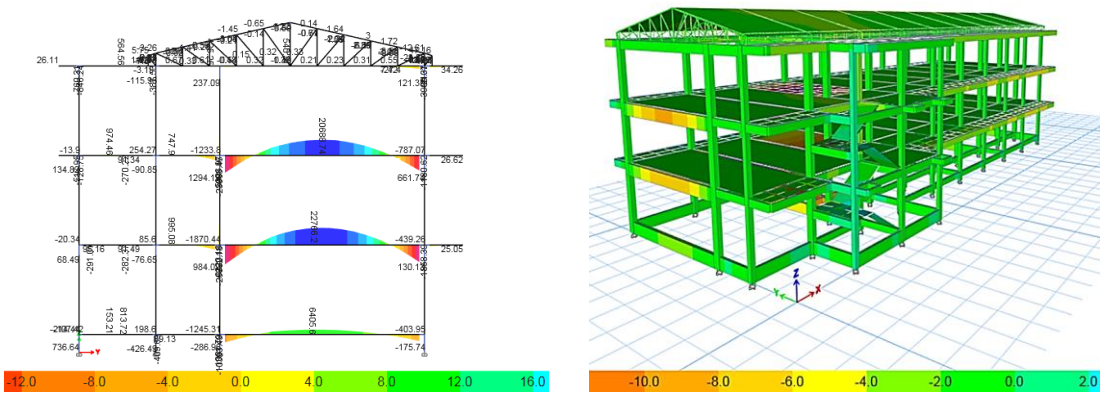


Figure 7 2D and 3D simulation of reinforced concrete buildings

The internal forces in the beams of the prototype building—specifically the maximum shear and bending moment—were mainly governed by the load combination 1.4DL + 1.7LL, except for beam B4, where the maximum moment occurred under 1.2DL + 1.0LL + 1.0EQX+. Flood loads were found to have no significant effect on the beam forces. For the reinforced-concrete columns on all three floors, the maximum axial compression was governed solely by the vertical load combination 1.4DL + 1.7LL. In contrast, the maximum bending moments resulted from seismic load combinations, including 1.2DL + 1.0LL + 1.0EQY+, 1.2DL + 1.0LL + 1.0EQX+, 1.2DL + 1.0LL + 1.0EQX-, and 1.2DL + 1.0LL + 0.3EQY + 1.0EQX-. Flood forces did not produce critical effects on the columns of this building.

2.5 Structural strength assessment – The strength of beams and columns was assessed using the Demand–Capacity Ratio (DCR). A member is considered inadequate when DCR > 1.0, indicating that strengthening is required (DPT 1301/1302–61, 2018). The DCR value is calculated using Equation (7):

$$DCR = Demand / Capacity \qquad \text{Equation 7}$$

where: DCR = Demand Capacity Ratio (DCR > 1 indicates failure to meet criteria)

Demand = internal forces obtained from ETABS (V, M)

Capacity = nominal shear or moment strength of the member (V_n, M_n)

Analysis results show that all beams have DCR < 1.0, indicating sufficient strength to resist vertical loads, seismic effects and flood loads, and therefore do not require strengthening. The strength evaluation results for the columns are presented in Tables 6–7.

Table 6 Column strength assessment (Bending)

Column	P (kN)	Pn (kN)	DCR	M3 (kN.m)	Mn3 (kN.m)	DCR	M2 (kN.m)	Mn2 (kN.m)	DCR
C11	1203.23	2,567.03	0.47	47.18	163.18	0.29	244.67	90.11	2.72
C12	1203.23	2,349.19	0.51	47.18	104.00	0.45	152.50	58.28	2.62
C13	101.04	2,208.65	0.05	16.71	59.40	0.28	87.49	33.46	2.61
C21	896.40	2,567.03	0.35	81.81	163.18	0.50	96.48	90.11	1.07
C22	338.95	2,349.19	0.14	60.69	104.00	0.58	225.00	58.28	3.86
C23	51.37	2,208.65	0.02	13.86	59.40	0.23	122.45	33.46	3.66
C31	539.51	1,499.87	0.36	54.95	44.00	1.25	33.90	44.00	0.77
C32	203.71	1,443.65	0.14	41.66	34.07	1.22	20.34	23.42	0.87
C33	101.29	1387.43	0.07	11.80	23.42	0.50	12.64	23.42	0.54

Table 7 Column strength assessment (Shear force)

Column	V2 (kN)	Vn2 (kN)	DCR	V3 (kN)	Vn3 (kN)	DCR
C11	116.29	133.54	0.87	212.92	99.25	2.15
C12	116.29	133.54	0.87	212.92	99.25	2.15
C13	9.18	133.54	0.07	28.93	99.25	0.29
C21	91.50	133.54	0.69	126.37	99.25	1.27
C22	58.61	133.54	0.44	155.76	99.25	1.57
C23	8.86	133.54	0.07	33.54	99.25	0.34
C31	134.12	75.14	1.78	71.42	75.14	0.95
C32	36.83	57.66	0.64	20.00	57.66	0.35
C33	7.17	57.66	0.12	7.62	57.66	0.13

Based on Tables 6–7, several columns exhibit DCR > 1.0, indicating potential bending failure in columns C11, C12, C13, C21, C22, C23, C31 and C32. Potential shear failure was identified in columns C11, C12, C21, C22 and C31. To ensure accuracy and better reflect actual structural behaviour, additional performance-based assessment methods—such as pushover analysis, modal response spectrum analysis, linear response history analysis and nonlinear response history analysis—should be conducted before implementing any retrofit measures, as these methods provide more reliable estimates of structural demands.

2.6 Retrofit scheme for the reinforced concrete building – For the three storey RC school building in northern Thailand, where several columns exceeded strength limits (DCR > 1.0), RC jacketing was selected as the primary retrofit method. This approach aligns with Thai structural standards, increases column strength and ductility, provides good fire resistance and is suitable for long term maintenance in school environments. When combined with appropriate lateral load resisting measures, RC jacketing effectively reduces DCR values to ≤ 1.0, meeting the requirements of DPT 1301/1302-61 (2018) and Department of Public Works and Town & Country Planning, (2014). The key provisions include: (1) The compressive strength of the new concrete jacket must not be lower than that of the original column concrete. (2) The jacket thickness must be at least 100 mm on each side, and the jacket should completely surround the column. (3) The longitudinal reinforcement ratio must range between 1–4% of the total jacketed cross-sectional area. (4) Longitudinal bars of 12 mm diameter or larger must be placed at column corners. (5) Transverse reinforcement in the jacket must be at least 9 mm in diameter, or not less than one-third of the largest longitudinal bar diameter. Retrofit details are shown in Figure 8.

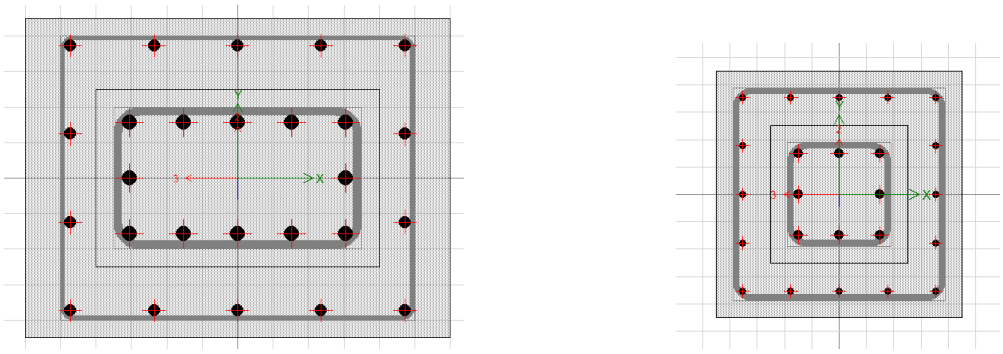


Figure 8 Column Strengthening RC jacketing

For columns C11 and C21 (0.45 × 0.60 m), the strengthened section includes 14–DB16 longitudinal bars and RB9@0.10 m ties. For column C31 (0.45 × 0.45 m), the strengthened section includes 16–DB12 longitudinal bars and RB9@0.10 m ties. After retrofitting, all strengthened columns achieved DCR < 1.0, demonstrating that the retrofitted building satisfies required strength levels and can be safely occupied.

Conclusion and Discussion

1. Summary of Findings in Relation to the Research Objectives

The study confirms that the selected standard public school building, designed according to the SN.S.T.3/12 (2002 revision) prototype, was not originally intended to resist combined seismic and flood actions. The existing design provides insufficient transverse reinforcement and confinement in several columns, especially at beam–column joints and column end. This detail configuration leads to brittle shear and flexural failure modes when the building is subjected to design–level ground motions in northern Thailand. Flood–induced lateral loads (hydrostatic, hydrodynamic and debris impact) were also quantified but were found to be secondary in comparison with seismic effects for the studied building height and geometry.

The ETABS analyses of nine load combinations, including vertical loads, bidirectional earthquake actions and flood forces, show that several columns in the as–built structure have Demand–Capacity Ratios (DCR) greater than 1.0 in both bending and shear, whereas all beams satisfy the strength requirements (DCR < 1.0). RC jacketing was then designed for the critical columns, in accordance with Thai strengthening provisions, to increase cross–sectional dimensions, longitudinal reinforcement and confinement. Re–analysis of the retrofitted model demonstrates that the proposed RC jacketing scheme reduces all column DCR values below 1.0 in both flexure and shear, and increases the overall lateral load capacity to an acceptable level. The global performance state improves from a critical or limited–usage condition to a safe and serviceable state under the target dual–hazard scenarios.

2. Discussion

The findings confirm that RC jacketing is an effective and practical retrofit method for aging public RC buildings in northern Thailand exposed to combined earthquake and flood hazards. The retrofitted model shows clear gains in lateral strength and reductions in column DCR, consistent with recent experimental and numerical studies. Prior research has shown that RC jacketing can roughly double the lateral resistance and stiffness of deficient RC columns and delay damage concentration, aligning with results reported by Murugan and Sengupta (2020) and Nanta et al. (2024). Similar improvements in capacity and ductility have been observed in hybrid retrofitting systems (RC jacketing with CFRP), which eliminate plastic hinges and enhance seismic resilience (Liu et al., 2025; Almassri et al., 2025). Methodologically, the use of DCR as a performance-based indicator agrees with contemporary retrofit frameworks for RC school and public buildings, which emphasize member-level demand–capacity checks and system-level response evaluation (Ahmed & Tanoli, 2025; Altıok et al., 2025). This study extends such frameworks to a dual-hazard context by integrating earthquake and flood loads in accordance with FEMA, NEHRP and recent multi-hazard design recommendations (Building Seismic Safety Council, 2020; Roy & Matsagar, 2023).

The results also show that seismic demands govern the structural response more than flood forces, which matches findings in recent multi-hazard literature for inland, low- to mid-rise buildings, where hydrostatic, hydrodynamic and debris impact loads influence cladding and foundations more than the primary lateral-force system (Zhang et al., 2024). Nevertheless, including flood-related forces improves assessment realism and supports current arguments for integrated, multi-hazard evaluation frameworks (Kunwar et al., 2025).

Acknowledgments

The authors would like to express their sincere appreciation to the Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, for providing support through computer laboratory facilities and related equipment. This assistance contributed significantly to the successful completion of this research.

References

Murugan, K., & Sengupta, A. K. (2020). Seismic performance of strengthened reinforced concrete columns. **Structures**, 27, 487–505. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.05.059

Nanta, P., Foytong, P., Boonpichetvong, M., Areemit, N., Pannachet, T., Janpila, A., Kruavit, P., & Ruangrassamee. (2024). A. lateral resistance enhancement of reinforced-concrete columns by rc jacketing under cyclic loading. **KKU Research Journal**, 24(1), 16–27. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/gskku/article/view/248993/170391

Liu, X., Chang, W., Wang, Z., & Pan, M. (2025). Study on seismic performance of reinforced concrete columns reinforced with steel strip composite ultra-high-performance concrete. **Buildings**, 15(11), 1–19. https://doi.org/10.3390/buildings15111762

Almassri, B., & Ayyad, H. (2025). Seismic assessment and retrofitting of RC building using concrete jacketing and CFRP (a finite element modelling study). **Journal of Applied Engineering Science**, 23(2), 198–207. https://doi.org/10.5937/jaes0-52568

Ahmed, H. A., & Tanoli, W. A. (2025). Seismic retrofitting of rc buildings using a performance-based approach for risk resilience and vulnerability assessment. **Buildings**, 15(8), 1–30. https://doi.org/10.3390/buildings15081333

Altıok, T. Y., Şevik, M., & Demir, A. (2025). Seismic performance of retrofitted and non-retrofitted RC school buildings after the February 6th, 2023, Kahramanmaraş earthquakes. **Bulletin of Earthquake Engineering**, 23(3), 1017–1052. https://doi.org/10.1007/s10518-024-01941-w

Building Seismic Safety Council. (2020). **NEHRP recommended seismic provisions for new buildings and other structures: Resource papers (FEMA P-2082-2, Vol. II, Part 3)**. Federal Emergency Management Agency. https://www.fema.gov/

Roy, T., & Matsagar, V. (2023). Multi-hazard analysis and design of structures: Status and research trends. **Structure and Infrastructure Engineering**, 19(6), 845–874. https://doi.org/10.1080/15732479.2021.1987481

Zhang, P., Chen, L., Wei, T., Huang, P., Wang, H., & Chen, X. (2024). Multi-hazard assessment of masonry buildings: a state-of-the-art review. **Buildings**, 14(12), 1–34. https://doi.org/10.3390/buildings14123711

Kunwar, A., Adhikari, R., & Gautam, D. (2025). Multi-hazard vulnerability of code non-conforming RC buildings under earthquake followed by cascading landslide. **Natural Hazards Research**, 5, 609–617. https://doi.org/10.1016/j.nhres.2025.01.013

Otárola, K., Iannacone, L., Gentile, R., & Galasso, C. (2024). Multi-hazard life-cycle consequence analysis of deteriorating engineering systems. **Structural Safety**, 111, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2024.102515

Singh, P. (2016). **Effect of flood on reinforced concrete structure**. Master's thesis, Jaypee University of Information Technology, Waknaghat, Solan, Himachal Pradesh, India. http://www.ir.juit.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/5393/1/Effect%20of%20Flood%20on%20Reinforced%20Concrete%20Structure.pdf

Department of Public Works and Town & Country Planning. (2014). **Standards for assessing and strengthening building structures in areas prone to earthquake vibrations (DPT 1303-57)**. https://www.dpt.go.th/

Department of Public Works and Town & Country Planning. (2018). **Seismic design standard for buildings (DPT 1301/1302-61)**. https://www.dpt.go.th/

American Society of Civil Engineers. (2022). **Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-22)**. https://ascelibrary.org/

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2022). **Asia-Pacific disaster report**. https://www.unescap.org/knowledge-products-series/asia-pacific-disaster-report

World Bank. (2023). **Climate risk profile: Thailand**. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country-profiles

Thai Meteorological Department. (2024). **Earthquake and fault zone report 2024**. https://earthquake.tmd.go.th/

Sansoni, V. (2021). **A methodology for the assessment of integrated vulnerability of Italian residential buildings with respect to seismic risk, flood risk and energy efficiency.** https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/200159

Cantelmo, C., & Cuomo, G. (2021). Hydrodynamic loads on buildings in floods. **Journal of Hydraulic Research**, 59(1), 61–74. https://doi.org/10.1080/00221686.2020.1714759

Federal Emergency Management Agency. (2020). **Flood design and construction guidelines (FEMA P-2082)**. https://www.fema.gov/

Platt, S. L., Ranasinghe, G., Jayathilaka, H. A. D. G. S., Jayasinghe, C., Jayasinghe, M. T. R., Walker, P., & Maskell, D. (2021). Retrofitting and rehabilitation of vernacular housing in flood prone areas in Sri Lanka. **Journal of Building Engineering**, 41, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102420

Braik, A. M., Gupta, H. S., Koliou, M., & González, A. D. (2025). Multi-hazard probabilistic risk assessment and equitable multi-objective optimization of building retrofit strategies in hurricane-vulnerable communities. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering.** 40(15), 2074–2097. https://doi.org/10.1111/mice.13445

Leelawat, N., Laosunthara, A., Srivichai, M., Sararit, T., Kodaka, A., Tungkasikij, N., Saengtabtim, K., Kohtake, N. & Tang, J. (2025). The 2024 Northern Thailand Floods: A Preliminary Disaster Report. **Journal of Disaster Research**, 20, 1–8. http://doi.org/10.20965/jdr.2025.sc20250319

Ananwattanaporn, S., Patcharoen, T., Bunjongjit, S., & Ngaopitakkul, A. (2021). Retrofitted existing residential building design in energy and economic aspect according to Thailand Building Energy Code. **Applied Sciences**, 11(4), 1–19. https://doi.org/10.3390/app11041398

UN-Habitat. (2021). **School safety and multi-hazard environments**. https://unhabitat.org/

National Hydroinformatics and Climate Data Center. (2024). **Thailand flood report 2024**. https://www.hydroinformatics.org/

International Organization for Standardization. (2021). **ISO 2394: General principles on structural reliability.** https://www.iso.org/

Alam M. S., Kijewski Correa, T., Roueche, D. B., Mosalam, K. M., Prevatt, D. O., & Robertson, I. (2025). A unified framework for post-disaster hazard and structural assessment data collection across hazards and infrastructure typologies. **Frontiers in Built Environment**, 11, 1–24. https://doi10.3389/fbuil.2025.1546616

ผลกระทบของขนาดมวลรวมหยาบหินบะซอลต์ต่อกำลังอัดและคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต

Effect of Basalt Aggregate Size on the Compressive and Mechanical Properties of Concrete

บัณฑิต สำเนียงเพราะ[1] ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง[1*] ณัฐพล อักโข[1] และ เอกรัฐ เศวตวรชิต[1]

Bundit Sumniangpho[1], Narongchai Wiwattanachang[1*], Natthaphon akkho[1] and Ekkarat Sawetworachit[1]

บทคัดย่อ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างสำคัญในงานวิศวกรรมโยธาที่ต้องการความแข็งแรง ทนทาน และมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยมวลรวมหยาบเป็นองค์ประกอบหลักที่มีผลโดยตรงต่อกำลังอัดและสมบัติทางกลของคอนกรีต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีต พร้อมเปรียบเทียบกับการใช้หินปูน ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้ทั่วไป การทดลองใช้หินบะซอลต์ในสามขนาด ได้แก่ 3/4 นิ้ว 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว โดยเตรียมตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 เซนติเมตร และทดสอบค่ากำลังอัดที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน

ผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนในทุกช่วงอายุการทดสอบ โดยเฉพาะตัวอย่างที่ใช้หินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ซึ่งมีความหนาแน่นสูงและพื้นผิวที่ขรุขระ ส่งผลให้เกิดการยึดเกาะระหว่างเนื้อปูนและมวลรวมได้ดีกว่า ทำให้โครงสร้างคอนกรีตมีความหนาแน่น แข็งแรง และทนต่อการแตกร้าวมากขึ้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าหินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบที่มีศักยภาพสูงสำหรับการผลิตคอนกรีตในงานโครงสร้างที่ต้องการประสิทธิภาพด้านกำลังอัด ความทนทาน และเสถียรภาพระยะยาว โดยเฉพาะงานที่อยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ ทั้งนี้ ผลลัพธ์จากงานวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการเลือกวัสดุสำหรับการออกแบบคอนกรีตที่มีประสิทธิภาพสูงในงานวิศวกรรมโยธาได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: คอนกรีต, หินบะซอลต์, มวลรวมหยาบ, กำลังอัด

[1] ภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี 72130

[1] Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 72130

[*]Corresponding author: bundit.sm@gmail.com

Abstract

Concrete is a primary construction material in civil engineering, requiring high strength, durability, and long service life. Coarse aggregate is a key component that directly influences the compressive strength and mechanical properties of concrete. This study aims to investigate the effects of using basalt aggregate as coarse aggregate in concrete and to compare its performance with that of commonly used limestone aggregate. Basalt in three nominal sizes 3/4 inch, 1/2 inch, and 3/8 inch was used to prepare concrete cube specimens measuring 15×15×15 centimeters. The compressive strength of the specimens was tested at the ages of 1, 3, 7, 14, 28, and 56 days.

The results show that concrete containing basalt aggregate exhibits higher compressive strength than concrete produced with limestone across all testing ages. In particular, concrete made with 3/8 –inch basalt demonstrated the highest strength, which is attributed to the higher density and rough surface texture of basalt. These characteristics enhance the bond between the cement paste and aggregate, resulting in a denser internal structure with improved resistance to cracking. The findings indicate that basalt is a highly suitable coarse aggregate for producing concrete intended for structural applications that require durability, load–bearing capacity, and long–term stability. Moreover, the experimental outcomes provide valuable information for selecting appropriate materials in the design of high–performance concrete in civil engineering projects.

Keywords: Concrete, Basalt aggregate, Coarse aggregate, Compressive strength

บทนำ

ระหว่างปี พ.ศ. 2567–2569 ภาคธุรกิจก่อสร้างของประเทศไทยมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง จากการลงทุนในโครงการขนาดใหญ่ของภาครัฐ โดยเฉพาะโครงการที่เกี่ยวกับ EEC และโครงข่ายคมนาคมขนส่ง รวมถึงการลงทุนก่อสร้างของภาคเอกชน คาดว่ามูลค่าการลงทุนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 3.0–4.0 ต่อปี (ธนาคารกรุงศรีอยุธยา, 2567) [1] คอนกรีตเป็นวัสดุหลักที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดได้ดี มีความทนทาน และสามารถขึ้นรูปได้หลากหลาย ทำให้คอนกรีตมีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับงานก่อสร้างหลากหลายประเภท

คอนกรีต ประกอบไปด้วยวัสดุหลักๆ 4 ชนิด คือ ปูนซีเมนต์ หินหรือกรวด ทราย และน้ำ หรืออาจจะเติมน้ำยาผสมคอนกรีต เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต โดยมวลรวมหยาบมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความแข็งแรง ความหนาแน่น และความมั่นคงของคอนกรีต การเลือกชนิดและขนาดของมวลรวมหยาบมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกลของคอนกรีต (ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2546) [2] ความต้องการคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาวัสดุทางเลือกที่มีคุณสมบัติเชิงกลเหมาะสม เพื่อยกระดับประสิทธิภาพคอนกรีตด้านความแข็งแรง ความทนทาน และอายุการใช้งาน

หินบะซอลต์มีคุณสมบัติ ได้แก่ ความแข็งแรงสูง ความหนาแน่นมาก และความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม ทำให้เหมาะสมสำหรับใช้เป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีต โดยเฉพาะในโครงสร้างที่ต้องการความมั่นคงและความแข็งแรงสูง งานวิจัยที่ผ่านมาเสนอให้ใช้หินบะซอลต์แทนหินปูน จากผลการศึกษาของ Kishore et al. (2015) พบว่าการใช้หินบะซอลต์ช่วยเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีต ปรับปรุงความสามารถในการเทคอนกรีต รวมถึงเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานอย่างชัดเจน [3] หรือผลการศึกษาของ Raut et al. (2024) พบว่า การใช้หินบะซอลต์แทนมวลรวมหยาบหินปูนในสัดส่วนต่าง ๆ ช่วยเพิ่มค่ากำลังอัดและความทนทานของคอนกรีต เนื่องจากหินบะซอลต์มีความแข็งแรงและความหนาแน่นสูง ทำให้คอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์มีสมบัติทางวิศวกรรมโดยรวมดีกว่าคอนกรีตทั่วไปอย่างชัดเจน [4]

ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีต เพื่อประเมินศักยภาพของหินบะซอลต์ในการพัฒนาสมบัติเชิงกล ความคงทน และความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตเท่านั้น แต่ยังสามารถลดการพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติประเภทหินปูน และสนับสนุนแนวทางการพัฒนาโครงสร้างที่แข็งแรง ทนทาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยหินบะซอลต์นำมาจากโรงโม่หินบะซอลต์ อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี ตามมาตรฐาน ASTM C33 แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งโรงโม่หินบะซอลต์ อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี
(ที่มา: WSK Engineering Co., Ltd.)

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบในขนาดต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบผลของขนาดมวลรวมหยาบต่อสมบัติเชิงกลของคอนกรีต เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบหินบะซอลต์กับคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบหินปูน และประเมินความเหมาะสมของการนำหินบะซอลต์มาใช้ในงานคอนกรีตเชิงโครงสร้าง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความมั่นคง และอายุการใช้งานของโครงสร้าง การวิจัยเน้นการประเมินศักยภาพของหินบะซอลต์ในการพัฒนาสมบัติเชิงกล ความคงทน และความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการเลือกใช้วัสดุอย่างเหมาะสมไม่เพียงเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตเท่านั้น แต่ยังช่วยลดการพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติประเภทหินปูน และสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างที่มีความแข็งแรง ความทนทาน และคุ้มค่าในระยะยาว

วิธีวิทยาการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 15-2562 [5]
2. มวลรวมละเอียดตามธรรมชาติ ตามมาตรฐาน ASTM C33
3. มวลรวมหยาบชนิดเป็นหินปูน ตามมาตรฐาน ASTM C33 แสดงในภาพที่ 2 (a)
4. มวลรวมหยาบชนิดเป็นหินบะซอลต์ ตามมาตรฐาน ASTM C33 แสดงในภาพที่ 2 (b)
5. น้ำสำหรับผสมและบ่มคอนกรีต



(a) (b)

ภาพที่ 2 (a) มวลรวมหยาบหินปูน (b) มวลรวมหยาบหินบะซอลต์

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ในการศึกษานี้ ได้เตรียมตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 เซนติเมตร โดยควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) ให้คงที่ที่ 0.45 สำหรับทุกสูตรผสม รวมทั้งหมด 6 สูตร โดยใช้มวลรวมหยาบขนาด 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว แต่ละสูตรมีตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง สำหรับการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน รวมทั้งหมด 108 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

ตัวแปร	จำนวน	หมายเหตุ
อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	1	0.45
สูตรผสม	6	หินปูนและหินบะซอลต์ขนาด คือ 3/4, 1/2 และ 3/8 นิ้ว
อายุบ่ม	6	1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน
จำนวนตัวอย่างต่อ 1 ส่วนผสม	3	ตัวอย่าง
รวมทั้งหมด	**108**	**ตัวอย่าง**

การออกแบบส่วนผสม

ในการศึกษานี้ ได้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.45 และแทนที่มวลรวมหยาบด้วยหินปูนและหินบะซอลต์ในขนาดต่าง ๆ จำนวน 3 ขนาด ได้แก่ 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว ส่วนผสมแต่ละสูตรประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 550 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มวลรวมละเอียด 720 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มวลรวมหยาบ 815 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และน้ำ 248 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อความสะดวกในการระบุชนิดและขนาดของมวลรวมหยาบ ได้กำหนดสัญลักษณ์ดังนี้: CAC01 หมายถึง หินปูนขนาด 3/4 นิ้ว, CAC02 หมายถึง หินปูนขนาด 1/2 นิ้ว, CAC03 หมายถึง หินปูนขนาด 3/8 นิ้ว, BAS01 หมายถึง หินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว, BAS02 หมายถึง หินบะซอลต์ขนาด 1/2 นิ้ว และ BAS03 หมายถึง หินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ตัวอย่างคอนกรีตแต่ละสูตรถูกขึ้นรูปเป็นลูกบาศก์ขนาด 15 × 15 × 15 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัวอย่างต่อสูตร และนำไปทดสอบกำลังอัดที่อายุ 1 วัน, 3 วัน, 7 วัน, 14 วัน, 28 วัน และ 56 วัน รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 108 ตัวอย่าง การ

จัดเตรียมส่วนผสมและการทดสอบนี้ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบของชนิดและขนาดมวลรวมหยาบต่อสมบัติเชิงกลของคอนกรีตได้อย่างเป็นระบบ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

สูตรผสม	ปูนซีเมนต์ (กก./ ม^3.)	มวลรวมละเอียด (กก./ ม^3.)	มวลรวมหยาบ (กก./ ม^3.)	น้ำ (กก./ ม^3.)	W/C
CAC01	550	720	815	248	0.45
CAC02	550	720	815	248	0.45
CAC03	550	720	815	248	0.45
BAS01	550	720	815	248	0.45
BAS02	550	720	815	248	0.45
BAS03	550	720	815	248	0.45

วิธีการทดสอบ

1. การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของมวลรวมแบ่งออกได้ ดังนี้

– วิเคราะห์การกระจายขนาดและค่าโมดูลัสความละเอียดของมวลรวม วิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C136 [6] เพื่อวิเคราะห์ขนาดกระจายตัวและขนาดโดยเฉลี่ยของมวลรวม เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM C33 [7]

– การทดสอบวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียด วิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C128 [8]

– การทดสอบวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบ วิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C127 [9]

– การทดสอบค่าการสึกหรอด้วยเครื่องลอสแองเจลิส (Los Angeles Abrasion Test) วิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C131/C131M [10]

– การทดสอบหน่วยน้ำหนักของมวลรวมและปริมาณช่องว่างระหว่างมวลรวม วิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C29/C29M [11]

การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของมวลรวมเป็นการประเมินลักษณะทางกายภาพ เช่น ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การสึกหรอ และปริมาณช่องว่าง เพื่อใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้มีสมบัติทางกลและความสามารถในการทำงานที่เหมาะสม จากผลการทดสอบพบว่า หินบะซอลต์มีความหนาแน่นมากกว่า ดูดซึมน้ำน้อยกว่า และทนการสึกหรอได้ดีกว่าหินปูน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติพื้นฐานของมวลรวม

คุณสมบัติ	ทราย	หินปูน	หินบะซอลต์
โมดูลัสความละเอียด	2.928	3.490	3.510
ความถ่วงจำเพาะ	2.620	2.600	2.690
การดูดซึมน้ำ (%)	0.800	0.880	0.450
หน่วยน้ำหนักแห้ง (กก./ม^3)	1,600		

คุณสมบัติ	ทราย	หินปูน	หินบะซอลต์
– 3/4 นิ้ว		1,485	1,488
– 1/2 นิ้ว		1,440	1,449
– 3/8 นิ้ว		1,447	1,458
การสึกกร่อน (%)	–		
– 3/4 นิ้ว		19.00	13.90
– 1/2 นิ้ว		22.40	15.10
– 3/8 นิ้ว		24.00	17.80

2. ผลิตตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 ซม. ทำตามมาตรฐาน ASTM C192/C192M [12] แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 ซม.

3. ทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ทำตามมาตรฐาน ASTM C143/C143M [13] แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)

4. บ่มคอนกรีตโดยใช้แผ่นพลาสติกกันความชื้น เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM C171 [14] แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การบ่มคอนกรีตกันความชื้น

5. ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ที่อายุบ่ม 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C39 [15] แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

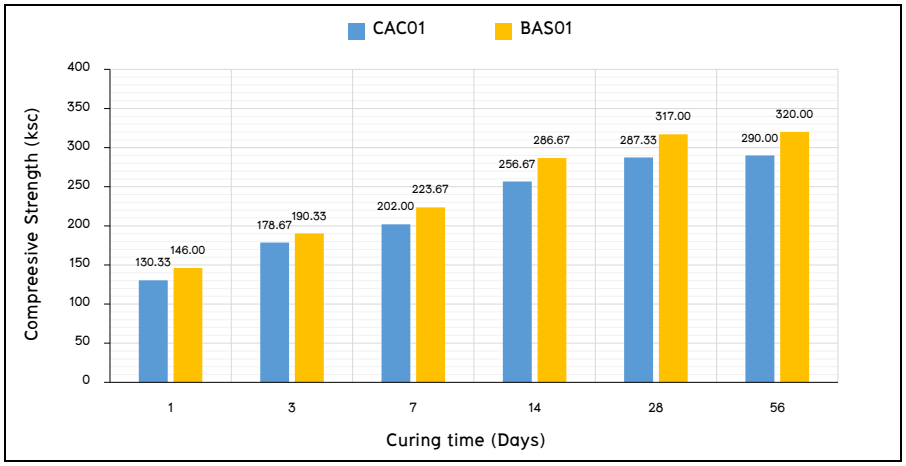
ผลการศึกษา

1. ผลของการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยหินบะซอลต์ต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตในขนาดต่าง ๆ

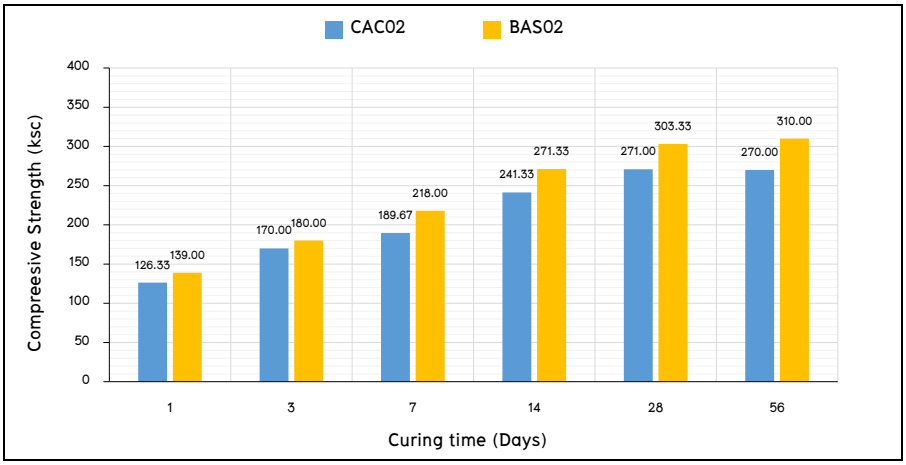
จากภาพที่ 7 แสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบแทนหินปูน โดยเปรียบเทียบผลในมวลรวม 3 ขนาด ได้แก่ (a) ขนาด 3/4 นิ้ว, (b) ขนาด 1/2 นิ้ว และ (c) ขนาด 3/8 นิ้ว ซึ่งทำการทดสอบที่อายุการบ่ม 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน ภายใต้สภาวะการบ่มที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดลองพบว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มในทุกขนาดมวลรวม และคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนอย่างชัดเจนในทุกช่วงอายุการบ่ม ภายใต้การบ่มที่อุณหภูมิห้อง 25°C โดยคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้วมีกำลังอัดสูงสุด 320 ksc ที่อายุบ่ม 56 วัน ซึ่งมากกว่าหินปูนขนาดเดียวกันที่ 290 ksc หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 10.34% ขนาด 1/2 นิ้ว มีกำลังอัดสูงสุด 310 ksc มากกว่าหินปูนที่ 270 ksc เพิ่มขึ้น 14.81% และขนาด 3/8 นิ้ว มีกำลังอัดสูงสุด 300 ksc มากกว่าหินปูนที่ 250 ksc เพิ่มขึ้น 20.00% แสดงให้เห็นว่าการใช้หินบะซอลต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกำลังอัดของคอนกรีตได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในมวลรวมขนาดเล็กซึ่งให้ค่าการเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ทั้งนี้เป็นผลมาจากคุณสมบัติของหินบะซอลต์ที่มีความหนาแน่นสูง แข็งแรง และมีพื้นผิวขรุขระ ช่วยให้การยึดเกาะระหว่างเนื้อปูนและมวลรวมแน่นหนา ทำให้โครงสร้างคอนกรีตมีความแข็งแรงและทนต่อการแตกร้าวได้ดีกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูน

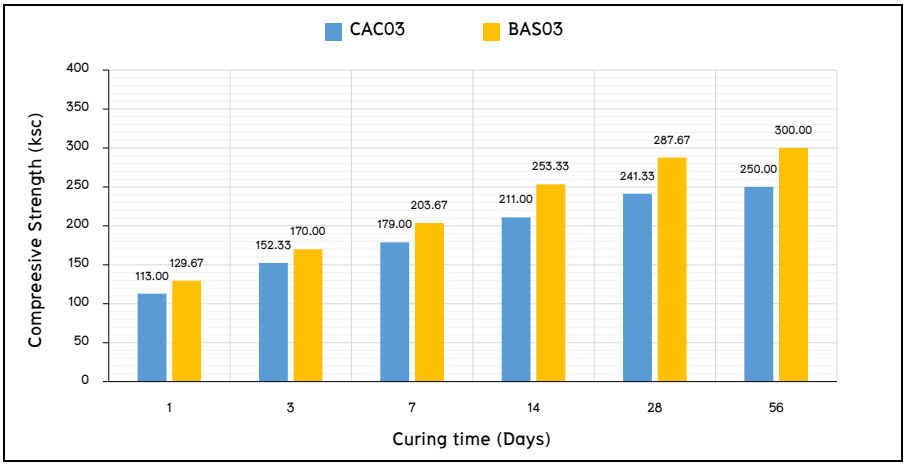
ดังนั้น การใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบแทนหินปูน จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มสมบัติทางกลของคอนกรีต โดยเฉพาะในงานที่ต้องการความแข็งแรงและความทนทานสูง เนื่องจากหินบะซอลต์มีความหนาแน่นและความแข็งแรงมากกว่าหินปูน อีกทั้งมีพื้นผิวที่หยาบช่วยให้การยึดเกาะกับเนื้อปูนแน่นหนา ส่งผลให้คอนกรีตที่ได้มีเนื้อแน่น แข็งแรง และรับแรงอัดได้สูงกว่าอย่างชัดเจน



(a)



(b)



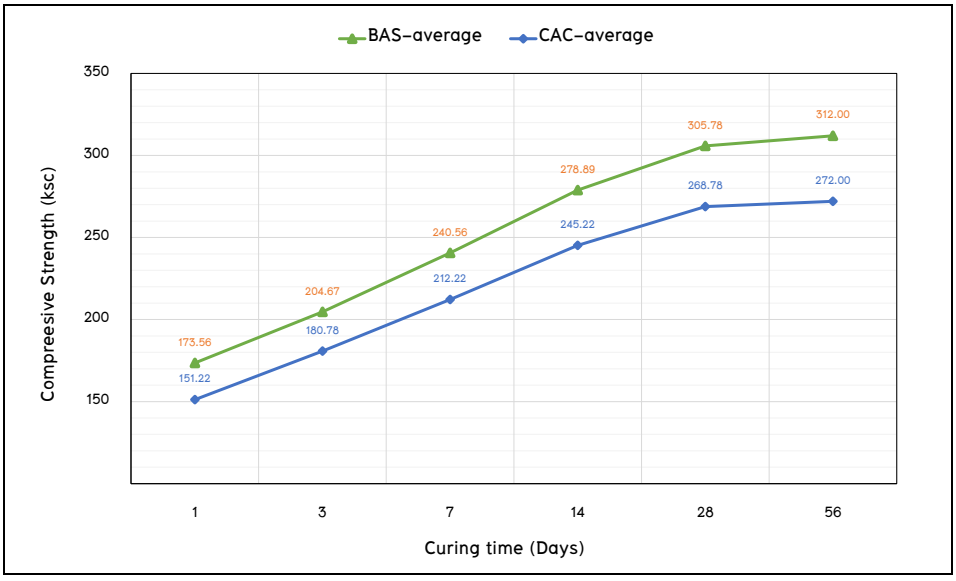
(c)

ภาพที่ 7 กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์แทนหินปูนในมวลรวมหยาบขนาดต่างกัน

2. เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบหินบะซอลต์กับคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบหินปูน

จากภาพที่ 8 ผลการทดลองพบว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหินบะซอลต์ (BAS) มีค่ามากกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหินปูน (CAC) อย่างต่อเนื่องในทุกช่วงอายุการบ่ม โดยเฉลี่ยแล้วกำลังอัดของ BAS สูงกว่า CAC ประมาณ 15–20% ในช่วงอายุต้น (1–7 วัน) และยังคงสูงกว่าในช่วงอายุปลาย (28–56 วัน) ประมาณ 12–15% แสดงให้เห็นว่าหินบะซอลต์มีประสิทธิภาพในการพัฒนากำลังอัดได้ดีกว่า เนื่องจากความแข็งแรงภายในเนื้อหินสูงกว่า ความหนาแน่นมากกว่า และพื้นผิวที่ขรุขระช่วยให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมหยาบกับเนื้อปูนซีเมนต์ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แนวโน้มการพัฒนาแรงอัด ทั้งคอนกรีตหินปูน (CAC) และคอนกรีตหินบะซอลต์ (BAS) แสดงการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดตามอายุการบ่มอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วง 1–14 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นตั้งแต่ 28–56 วัน การเพิ่มขึ้นของแรงอัดเริ่มช้าลง แต่ยังคงมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยคอนกรีตหินบะซอลต์ (BAS) แสดงการเพิ่มขึ้นที่ชัดเจนกว่าหินปูน (CAC) ในช่วงปลายของการบ่ม ซึ่งสะท้อนถึงคุณสมบัติของหินบะซอลต์ที่ช่วยเสริมความแข็งแรงให้คอนกรีตในระยะยาวมากขึ้น

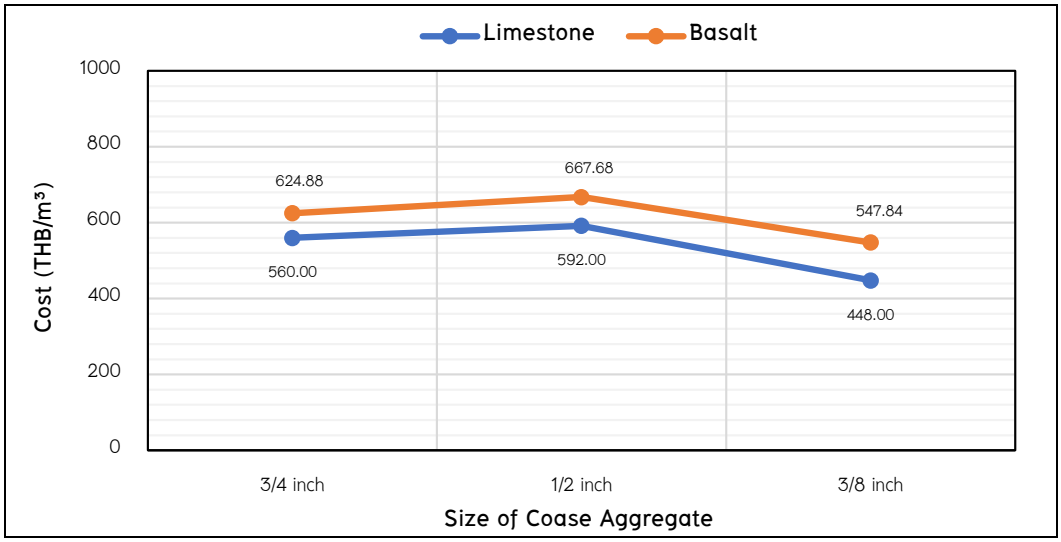
ดังนั้น สรุปได้ว่า คอนกรีตที่ใช้มวลรวมหินบะซอลต์ให้กำลังอัดสูงกว่าและมีแนวโน้มการพัฒนาแรงอัดที่ดีกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนในทุกช่วงอายุการบ่ม ทำให้หินบะซอลต์เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีตกำลังสูงหรือโครงสร้างที่ต้องการความทนทานมากเป็นพิเศษ



ภาพที่ 8 กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์แทนหินปูนในมวลรวมหยาบ

3. การเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมชนิดหินปูนและหินบะซอลต์ เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากต้นทุนคอนกรีตไม่ได้ขึ้นอยู่เพียงราคาวัสดุต่อหน่วย แต่ยังสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางวิศวกรรม เช่น กำลังอัด ความหนาแน่น ความทนทานต่อการแตกร้าว และอายุการใช้งานของโครงสร้าง การวิเคราะห์จึงเน้นการเปรียบเทียบราคาวัสดุ (บาท/ลบ.ม.) กับประสิทธิภาพทางวิศวกรรมของคอนกรีต ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบราคาของมวลรวมชนิดหินปูนและหินบะซอลต์ตามขนาดต่าง ๆ

จากภาพที่ 9 พบว่าหินบะซอลต์มีราคาสูงกว่าหินปูนในทุกขนาดมวลรวม ได้แก่ ขนาด 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว โดยมีความแตกต่างอยู่ที่ประมาณ 11.59%, 12.78% และ 22.29% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบกำลังอัดแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์มีค่ากำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนอย่างชัดเจน โดยเฉพาะมวลรวมขนาด 3/8 นิ้ว ซึ่งช่วยให้โครงสร้างมีความแข็งแรงและสามารถรับแรงอัดได้มากขึ้น แม้ราคาของหินบะซอลต์จะสูงกว่า แต่สามารถชดเชยได้ด้วยประสิทธิภาพทางวิศวกรรมที่เหนือกว่า เนื่องจากคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูงขึ้นสามารถลดปริมาณวัสดุหรือขนาดหน้าตัดของโครงสร้างได้ โดยยังคงสามารถรองรับแรงตามข้อกำหนด ส่งผลให้ต้นทุนรวมของโครงสร้างในระยะยาวมีความคุ้มค่ามากขึ้น นอกจากนี้ ความแข็งแรงและความทนทานที่สูงกว่ายังช่วย ลดความเสียหายและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ทำให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการคอนกรีตกำลังสูงและอายุการใช้งานยาวนาน

สรุปผลและอธิปรายผล

1. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์แทนที่หินปูนเป็นมวลรวมหยาบที่ขนาดต่างๆ สามารถสรุปตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1) ผลการศึกษาพบว่า การแทนที่มวลรวมหยาบด้วย หินบะซอลต์ ส่งผลให้คอนกรีตมี กำลังอัดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในทุกขนาดมวลรวม โดยคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์ขนาด 3/4, 1/2 และ 3/8 นิ้ว มีค่ากำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนในทุกช่วงอายุการบ่มภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง 25°C ทั้งนี้กำลังอัดที่เพิ่มขึ้นสะท้อนถึงความแข็งแรงของมวลรวมหินบะซอลต์ ช่วยให้โครงสร้างทนแรงและลดการแตกร้าว

2) ผลการศึกษาพบว่า การใช้มวลรวมหยาบหินบะซอลต์ในคอนกรีตช่วยเพิ่มกำลังอัดได้อย่างชัดเจน โดยความแข็งแรงของคอนกรีตเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากโครงสร้างผลึกของหินบะซอลต์มีความหนาแน่นและแข็งแรงมากขึ้น นอกจากนี้ พื้นที่ผิวสัมผัสที่มากขึ้นทำให้การยึดเกาะระหว่างมวลรวมและเนื้อปูนมีประสิทธิภาพ ลดการเกิดโพรงภายใน และช่วยให้มวลรวมกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้เกิดการเชื่อมประสานที่แน่นระหว่างปูนซีเมนต์กับมวลรวม ทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงและความทนทานสูงสุด

3) จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีตสามารถเพิ่มกำลังอัดและความทนทานได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับหินปูน เนื่องจากคุณสมบัติเด่นของหินบะซอลต์ เช่น ความแข็งแรงสูง ความหนาแน่นมาก และพื้นผิวขรุขระ ทำให้เกิดการยึดเกาะระหว่างเนื้อปูนและมวลรวมได้ดี ส่งผลให้คอนกรีตมีโครงสร้างที่แน่น แข็งแรง ลดการแตกร้าว และกระจายตัวสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในมวลรวมขนาดเล็กนอกจากนี้ การประเมินความเหมาะสมทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ชี้ให้เห็นว่า แม้ต้นทุนวัสดุเริ่มต้นจะสูงกว่า แต่คอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบหินบะซอลต์มีค่ากำลังอัดสูงขึ้น ทนต่ออุณหภูมิสูง ลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาในระยะยาว และเหมาะสมกับงานคอนกรีตเชิงโครงสร้างที่ต้องการประสิทธิภาพสูง ความมั่นคง และอายุการใช้งานยาวนาน ดังนั้น การเลือกใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบจึงมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยรวม พร้อมทั้งส่งเสริมคุณภาพและความยั่งยืนของโครงสร้างในระยะยาว

2. การอภิปรายผล

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการแทนที่มวลรวมหินปูนด้วยหินบะซอลต์ในคอนกรีตมีผลต่อการปรับปรุงสมบัติทางกลและความคงทนของคอนกรีต โดยเฉพาะในด้านกำลังอัด เพิ่มขึ้นในทุกขนาดมวลรวม และสูงสุดเมื่อใช้มวลรวมขนาดเล็ก 3/8 นิ้ว ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดนี้ ได้แก่ ความหนาแน่นสูง พื้นผิวขรุขระ และความแข็งแรงทางกลดีของหินบะซอลต์ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยึดเกาะระหว่างมวลรวมและเนื้อปูนซีเมนต์ ทำให้โครงสร้างภายในคอนกรีตหนาแน่นและลดความเสี่ยงต่อการแตกร้าวจากแรงและอุณหภูมิ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Jha et al. (2016) พบว่าการใช้บะซอลต์ในสัดส่วน 30% และ 50% ยังช่วยเพิ่มความคงทนของคอนกรีต ทั้งด้านกำลังดัด ความต้านทานไฟ และความสามารถในการซึมน้ำ เมื่อเทียบกับคอนกรีตปกติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าโครงสร้างที่หนาแน่นและการยึดเกาะระหว่างมวลรวมกับเนื้อปูนที่ดีขึ้นช่วยลดการแพร่ซึมของน้ำและสารเคมี ทำให้คอนกรีตมีอายุการใช้งานยาวนานและความทนทานสูงขึ้น [16] ในขณะที่งานวิจัยของ ภัทร์ธีนันท์ และคณะ (2024) พบว่าขนาดและชนิดของมวลรวมมีผลต่อการไหลและการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง โดยหินบะซอลต์ขนาด 1/2 นิ้วให้กำลังอัดสูงสุด [17]

ดังนั้น การใช้หินบะซอลต์แทนหินปูนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตกำลังสูงและโครงสร้างที่ต้องการความคงทน ผลการศึกษาชี้ว่าหินบะซอลต์ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกลและเพิ่มความทนทาน การเลือกชนิดและขนาดมวลรวมยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการไหลของคอนกรีต SCC ทำให้เหมาะสมต่อการผลิตคอนกรีตกำลังสูงที่ต้องการความแข็งแรงและความทนทาน

3. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยต่อไปควรมุ่งศึกษาคุณสมบัติเชิงกลด้านกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์แทนหินปูนภายใต้เงื่อนไขการบ่มที่แตกต่างกัน ทั้งด้านระยะเวลา อุณหภูมิ และความชื้น เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมของคอนกรีตเมื่อสัมผัสอุณหภูมิสูงและแรงกระทำต่อเนื่อง ข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการพัฒนาคอนกรีตที่ทนทาน ปลอดภัย และคงความแข็งแรงได้แม้เผชิญสภาวะรุนแรง รวมถึงช่วยให้ออกแบบวัสดุผสม มวลรวม และเทคนิคการบ่มที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างวิศวกรรมโยธาที่ต้องการความทนทานสูงและสามารถใช้งานได้ยาวนานภายใต้เงื่อนไขที่หลากหลาย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงโม่หินบะซอลต์ ตำบลเก่าขาม อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี ที่เอื้อเฟื้อหินบะซอลต์สำหรับการวิจัย และสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์สุพรรณบุรี) ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ทำการวิจัย ข้าพเจ้าขอมอบคุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แด่บิดา มารดา และครอบครัว ผู้เป็นกำลังใจสำคัญตลอดการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

1. ธนาคารกรุงศรีอยุธยา. (2567). รายงานเศรษฐกิจและภาคธุรกิจก่อสร้างประเทศไทย 2567–2569. กรุงเทพฯ: ธนาคารกรุงศรีอยุธยา.
2. ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. (2546). คอนกรีตเทคโนโลยี (พิมพ์ครั้งที่ 12). บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด.
3. Kishore, I. S., Mounika, L., Prasad, C. M., & Krishna, B. H. (2015). Experimental study on the use of basalt aggregate in concrete mixes. International Journal of Civil Engineering, 2(4), 39–42.
4. Raut, A. D., Thakur, R. N., & Raut, A. S. (2024). Innovative utilization of basalt aggregates as a sustainable alternative to conventional coarse aggregates in concrete. International Journal of Research Publication and Reviews, 5(11), 7252–7261.
5. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15: ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม
6. ASTM International. (2014). ASTM C136/C136M–14: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates. ASTM International.
7. ASTM International. (2018). ASTM C33/C33M–18: Standard specification for concrete aggregates. ASTM International.
8. ASTM International. (2015). ASTM C128/C128M–15: Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate. ASTM International.
9. ASTM International. (2015). ASTM C127/C127M–15: Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate. West Conshohocken, PA: ASTM International.
10. ASTM International. (2014). ASTM C131/C131M–14: Standard test method for resistance to degradation of small–size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine. ASTM International.
11. ASTM International. (2017). ASTM C29/C29M–17: Standard test method for bulk density (“unit weight”) and voids in aggregate. ASTM International.
12. ASTM International. (2020). ASTM C192/C192M–20: Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory. West Conshohocken, PA: ASTM International.
13. ASTM International. (2020). ASTM C143/C143M–20: Standard test method for slump of hydraulic–cement concrete. ASTM International.
14. ASTM International. (2020). ASTM C171/C171M 20: Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete. ASTM International.
15. ASTM International. (2020). ASTM C39/C39M–20: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM International.
16. Jha, S., Duggal, P., & Agarwal, C. (2016). To study the durability aspects of concrete using basalt aggregate. Indian Journal of Science and Technology, 9(30), 23–37.
17. ภัทร์ธีนันท์ พันธุ์เขตกรรม, ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง, รวี เดสูงเนิน, & สมพร ทองสุก. (2567). ประสิทธิภาพเชิงกลของคอนกรีตที่ผลิตด้วยหินบะซอลต์ในขนาดที่แตกต่าง. พะเยาวิจัย, 13, 797–809.

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและแท่ง GFRP ในคานคอนกรีตที่มีการต่อทาบของแท่ง GFRP

Bond Strength Between Concrete and GFRP Bars in Concrete Beam with GFRP Lapped Splice

ปิยะวัช หลงปาน[1*] ณัฐวุฒิ อินทบุตร[1] และ ประพันธ์ วัฒนาเดชาชาญ[2]

Piyavach Longparn[1*], Nuttawut Intaboot[1] and Prapun Wattanadechachan[2]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer, GFRP) กับคอนกรีต การทดสอบประกอบไปด้วยการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวในตัวอย่างก้อนคอนกรีตลูกบาศก์ขนาด 0.2x0.2x0.2 ม ด้วยแท่ง GFRP ขนาด 9 มม. 12 มม. และ 15 มม. ฝังในระยะ 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง และการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวในคานคอนกรีตที่มีการต่อทาบของแท่ง GFRP ที่กึ่งกลางคาน โดยการนำแท่ง GFRP เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. เสริมแรงในคานคอนกรีตขนาด 0.15x0.30x3.00 ม. จำนวน 4 คานตัวอย่าง ที่มีระยะทาบต่างกันคือ ไม่ต่อทาบ, 0 มม., 75 มม., และ 300 มม. จากผลการศึกษาพบว่ากำลังรับแรงยึดถอนของแท่ง GFRP มีค่าประมาณ 16–17 MPa และคานตัวอย่างที่มีการต่อทาบมีความสามารถในการรับกำลังด้อยกว่าคานที่ไม่มีการต่อทาบ เนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแท่ง GFRP กับคอนกรีต ดังนั้นการนำแท่ง GFRP มาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในคานคอนกรีตควรจะสั่งผลิตแท่ง GRRP ให้เหมาะสม และหลีกเลี่ยงการท่อทาบ

คำสำคัญ: แรงยึดเหนี่ยว, ต่อทาบ, แท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว, คานคอนกรีตเสริมแรง

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

[1]สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10170

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi 72130

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Bangkokthonburi University, Bangkok 10170

*Corresponding author : b2om.p.lp@gmail.com

Abstract

This research aims to study the bond strength between Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) bars and concrete. The test consisted of pull-out test bond strength on concrete cube specimens of size 0.2x0.2x0.2 m with GFRP bars of size 9 mm, 12 mm and 15 mm embedded at intervals of 5 times their diameter. Bond force in concrete beams with GFRP bar splices at the midspan is tested. Four concrete beam specimens sizing 0.15x0.30x3.00 m is reinforced with 12 mm diameter of GFRP bars. The specimens have different lap splice lengths included: no splice, 0 mm, 75 mm, and 300 mm. From the results, it is found that the bond strength of GFRP bars is approximately 16-17 MPa. The beam specimens with lap splices have a lower load-carrying capacity compared to the beam without a lap splice due to the reduced bond strength between the GFRP bars and the concrete. Therefore, when using GFRP bars as reinforcement in concrete beams, the GFRP bars should be specified and manufactured appropriately, and lap splices should be avoided.

Keywords: Bond Strength, Lap Splice, GFRP Bars, Reinforced Concrete Beam

บทนำ

ในปัจจุบันการก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นการก่อสร้างด้วยโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ ที่มีการใช้วัสดุที่เป็นเหล็ก ซึ่งเหล็กมีกระบวนการผลิตที่ต้องใช้พลังงานสูง และปล่อยก๊าซที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนในปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก องค์การสหประชาชาติ (United Nations หรือ UN) เห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้แทนจากกว่า 200 ประเทศได้เข้าร่วมเพื่อสร้างพันธสัญญาในการวางแผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ละประเทศก็ได้ประกาศเจตนารมย์ที่จะบรรลุเป้า “carbon neutrality” ภายในปี 2030 และ บรรลุเป้า “net zero emissions” ภายในปี 2050 จึงมีการคิดค้นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง ที่ลดการใช้พลังงานในการผลิต วัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer) (GFRP Rebar) เสริมแรงคอนกรีตชนิดไม่อัดแรง เป็นวัสดุทดแทนเหล็กประเภทเหล็กเส้น เนื่องจากคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุดังกล่าวเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่เป็นสนิม ไม่เกิดการกัดกร่อน จึงไม่ทำให้คอนกรีตเสียหาย มีน้ำหนักเบากว่า มีคุณสมบัติทางทางด้านวิศวกรรมคล้ายกัน และผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2973-2562

แม้ว่าเทคโนโลยีในการผลิตแท่ง GFRP จะสามารถผลิตความยาวและดัดได้ตามคำสั่งผลิต แต่ก็อาจจะมีข้อจำกัดด้านอื่นๆ เช่น การขนส่ง การประกอบโครงสร้างในบริเวณที่จำกัด ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องมีการตัดและต่อทาบของแท่ง GFRP บริเวณที่มีการต่อทาบของแท่ง GFRP นั้นอาจทำให้เกิดการเสียคุณสมบัติบางประการของโครงสร้างส่วนนั้นไป จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการต่อทาบดังกล่าว

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยให้ความสนใจในวัสดุที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่อย่างวัสดุพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer, GFRP) นำมาเสริมแรงในคานคอนกรีต โดยเน้นการศึกษาในแรงยึดเหนี่ยวของวัสดุดังกล่าวเนื่องจากผิวสัมผัสของวัสดุดังกล่าวมีลักษณะเป็นมันวาวเรียบลื่น ผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษากำลังยึดเหนี่ยวระหว่าง คอนกรีตกับ แท่ง GFRP ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน

2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการยึดเหนี่ยวระหว่าง คอนกรีตกับ แท่ง GFRP ในโครงสร้างรูปแบบคานคอนกรีต ที่มีการต่อทาบของแท่ง GFRP

3. เพื่อศึกษาระยะการต่อทาบของแท่ง GFRP ตามมาตรฐาน ACI 440 และคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอมิเมอร์เสริมเส้นใย ของ วสท.

กระบวนการวิจัย

การศึกษาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและแท่ง GFRP ในคานคอนกรีตที่มีการต่อทาบของแท่ง GFRP ครั้งนี้ เริ่มจากการออกแบบคานตัวอย่าง การผลิตคานตัวอย่าง และการทดสอบคานตัวอย่าง โดยใช้การทดสอบมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) และ American Concrete Institute (ACI) ในการทดสอบครั้งนี้

1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1.1 คอนกรีตผสมเสร็จ กำลังอัดประลัยออกแบบเท่ากับ 30 MPa ตามมาตรฐาน มอก. 213-2560

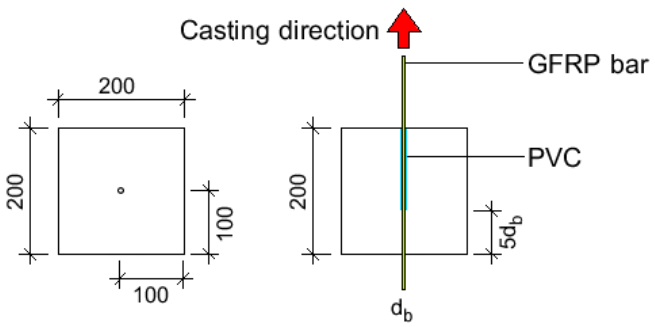
1.2 แท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (GFRP) ผิวตามความยาวของเส้นมีลักษณะเป็นบั้งหรือปล้องหรือครีบเกลียว ที่ใช้ทดสอบมี 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ได้แก่ ขนาด 9 มม., 12 มม. และ 15 มม. ตามมาตรฐาน มอก. 2973-2562

2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

2.1 สำหรับการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยว ตัวอย่างก้อนคอนกรีตลูกบาศก์มีขนาดเท่ากับ 0.20 ม. โดยทำการหล่อฝังแท่ง GFRP ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่ง GFRP และระยะฝังในคอนกรีตที่แตกต่างกัน ตามมาตรฐาน ACI.440.3R-12 test method B.3.1b (ดังตารางที่ 1) รูปตัดก้อนตัวอย่าง (ดังรูปที่ 1) และรูปก้อนตัวอย่าง (ดังรูปที่ 2)

ตารางที่ 1 รายละเอียดการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยว

ตัวอย่าง	ขนาดของแท่ง GFRP (mm.)	ระยะฝังในคอนกรีต (mm.)	จำนวน
PT-G09	9	45	3 ตัวอย่าง
PT-G12	12	60	3 ตัวอย่าง
PT-G15	15	75	3 ตัวอย่าง



รูปที่ 1 รูปตัดก้อนตัวอย่าง

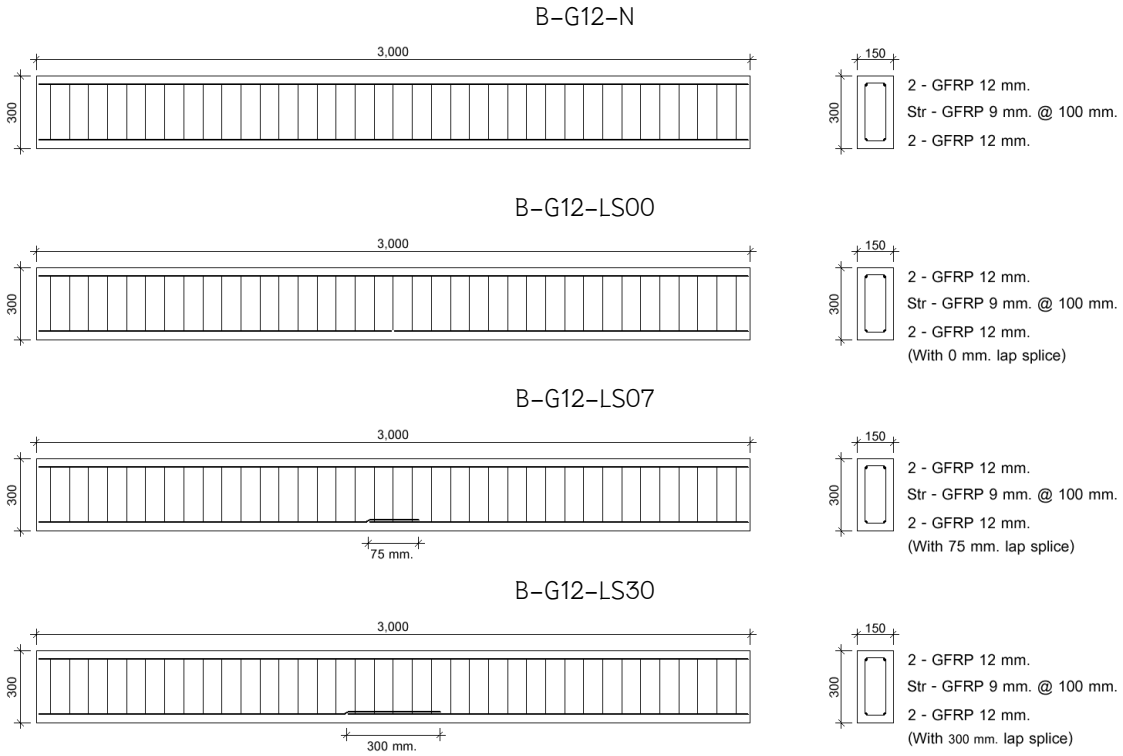


รูปที่ 2 ก้อนคอนกรีตตัวอย่างสำหรับการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยว

2.2 สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังในคานคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยแท่ง GFRP ใช้ตัวอย่างคานคอนกรีตมีขนาดหน้าตัดเท่ากับ 150x300 มม. ความยาว 3,000 มม. ทำการเสริมแรงด้วยแท่ง GFRP ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 12 มม. และปลอก GFRP ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 9 มม. ที่ระยะ 100 มม. ใช้การออกแบบคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่ง GFRP ตามมาตรฐาน ACI.440.1R-15 โดยมีการต่อทาบของแท่ง GFRP ด้านล่างที่บริเวณกึ่งกลางคาน ในระยะแตกต่างกัน (ดังตารางที่ 2) รูปตัดคานตัวอย่าง (ดังรูปที่ 3) และคานคอนกรีตตัวอย่าง (ดังรูปที่ 4)

ตารางที่ 2 รายละเอียดคานตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบ

ตัวอย่าง	มิติของคาน (mm.)	แท่ง GFRP (mm.)	ระยะต่อทาบ (mm.)
B-G12-N (control)	150x300x3,000	4#12 , #9@100	ไม่ต่อทาบ
B-G12-LS00	150x300x3,000	4#12 , #9@100	0
B-G12-LS07	150x300x3,000	4#12 , #9@100	75
B-G12-LS30	150x300x3,000	4#12 , #9@100	300



รูปที่ 3 รูปตัดคานตัวอย่าง



รูปที่ 4 คานคอนกรีตตัวอย่างสำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับกำลัง

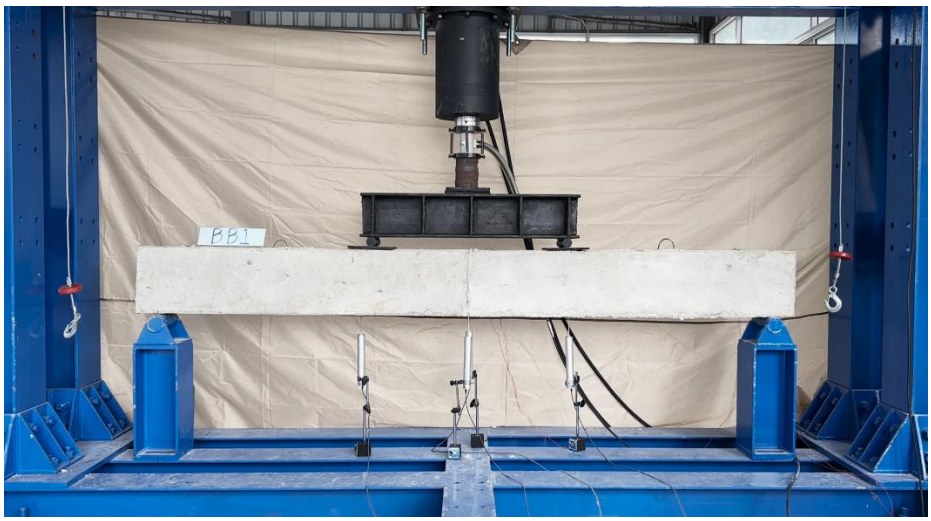
3. วิธีการทดสอบ

3.1 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยว โดยใช้เครื่อง Universal testing machine การทดสอบจะใช้การถอน (Pull-out test) โดยทำการยึดฐานคอนกรีตเข้ากันกับเครื่องทดสอบและใช้ Grip ในการทำการดึงถอนแท่ง GFRP ออกจากตัวอย่างคอนกรีต อ่านค่าแรงถอนสูงสุดที่ได้รับจากเครื่องทดสอบ (ดังรูปที่ 5)



รูปที่ 5 การทดสอบการถอน (Pull–out test)

3.2 การทดสอบการรับแรงของคานคอนกรีต ใช้วิธีการทดสอบการดัดแบบ 4 จุด (Four–point bending test) ระยะห่างของฐานรองรับเท่ากับ 2.70 ม. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ Linear Variable Differential Transformer (LVDT) ไว้ด้านล่างตรงกึ่งกลางคานเพื่อวัดค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น ภายใต้น้ำหนักทดสอบที่กระทำผ่านกระบอกไฮดรอลิกและถูกวัดค่าด้วยเกจวัดแรง (Load cell) ซึ่งจะบันทึกข้อมูลการทดสอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และเมื่อคานเริ่มมีการแตกร้าว จะทำลากเส้นบันทึกตามรอยแตกร้าวบนคาน ทำการทดสอบจนกระทั่งคานเกิดการวิบัติ (ดังรูปที่ 6)

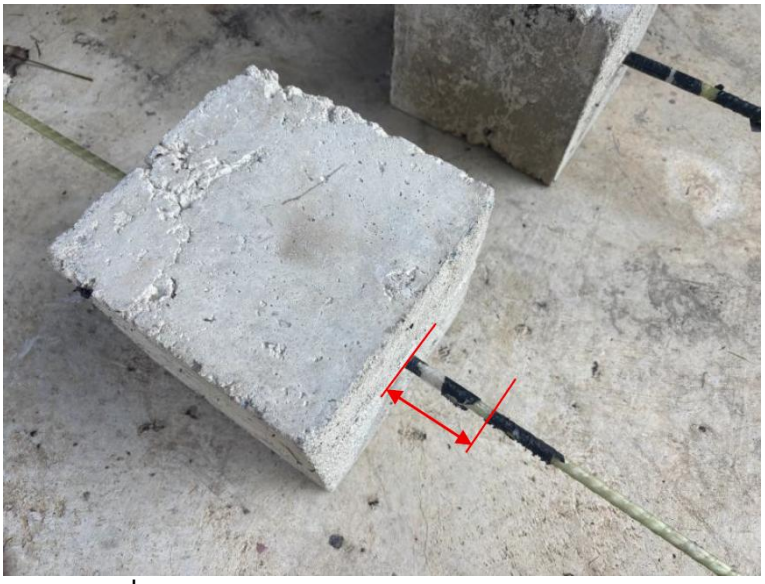


รูปที่ 6 การทดสอบการดัดแบบ 4 จุด (Four–point bending test)

ผลการศึกษา

1. ผลการทดสอบการถอน

1) ก้อนตัวอย่างทดสอบ PT-G09 ทั้ง 3 ตัวอย่าง สามารถรับแรงดึงได้ที่ 21.0 kN, 21.2 kN และ 20.9 kN ตามลำดับ จากนั้นแท่ง GRRP จึงหลุดและค่อยๆรูดออกจากก้อนคอนกรีต โดยที่ก้อนคอนกรีตไม่ได้รับความเสียหาย ค่าความเค้นยึดเหนี่ยว (Bond stress) ระหว่างแท่ง GFRP กับคอนกรีต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.531 MPa (ดังรูปที่ 7 และตารางที่ 3)



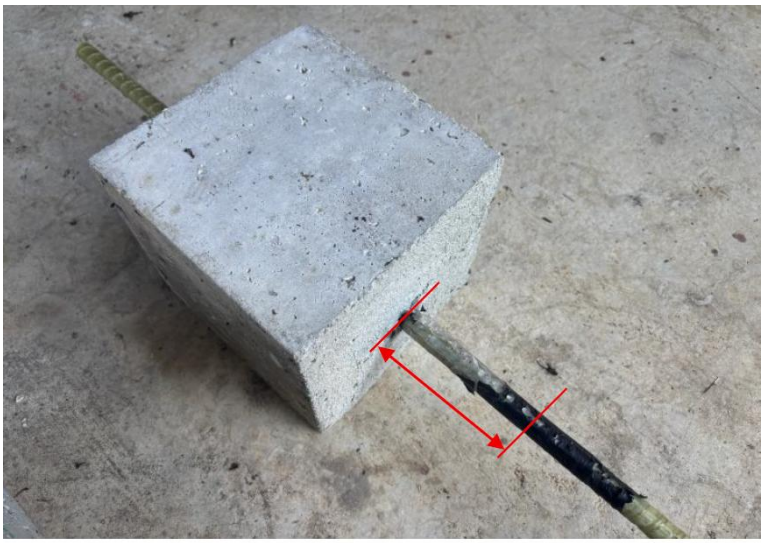
รูปที่ 7 ก้อนตัวอย่างทดสอบ PT-G09 วิบัติแบบหลุดออก

2) ก้อนตัวอย่างทดสอบ PT-G12 ทั้ง 3 ตัวอย่าง สามารถรับแรงดึงได้ที่ 38.3 kN, 38.2 kN และ 38.3 kN ตามลำดับ จากนั้นแท่ง GRRP จึงหลุดและค่อยๆรูดออกจากก้อนคอนกรีต โดยที่ก้อนคอนกรีตไม่ได้รับความเสียหาย ค่าความเค้นยึดเหนี่ยว (Bond stress) ระหว่างแท่ง GFRP กับคอนกรีต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.918 MPa (ดังรูปที่ 8 และตารางที่ 3)



รูปที่ 8 ก้อนตัวอย่างทดสอบ PT-G12 วิบัติแบบหลุดออก

3) ก้อนตัวอย่างทดสอบ PT-G15 ทั้ง 3 ตัวอย่าง สามารถรับแรงดึงได้ที่ 57.0 kN, 57.1 kN และ 56.8 kN ตามลำดับ จากนั้นแท่ง GRRP จึงหลุดและค่อยๆรูดออกจากก้อนคอนกรีต โดยที่ก้อนคอนกรีตไม่ได้รับความเสียหาย ค่าความเค้นยึดเหนี่ยว (Bond stress) ระหว่างแท่ง GFRP กับคอนกรีต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.118 MPa (ดังรูปที่ 9 และตารางที่ 3)



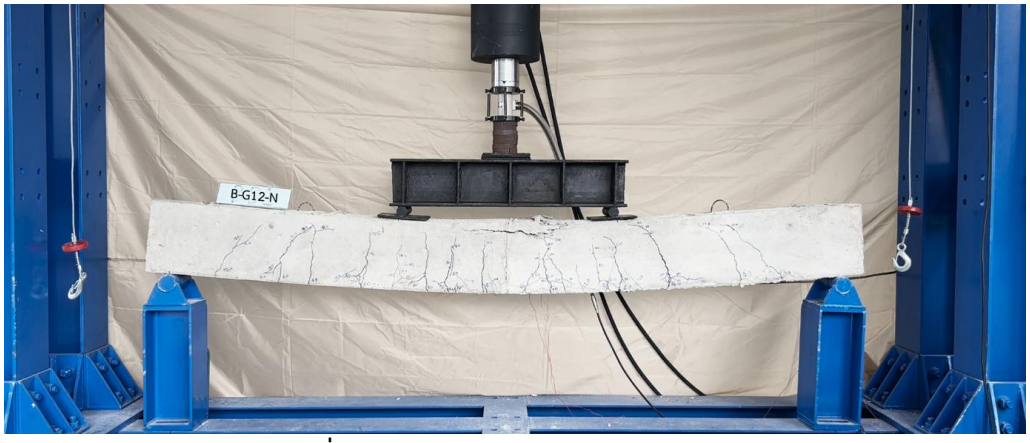
รูปที่ 9 ก้อนตัวอย่างทดสอบ PT-G15 วิบัติแบบหลุดออก

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการถอน

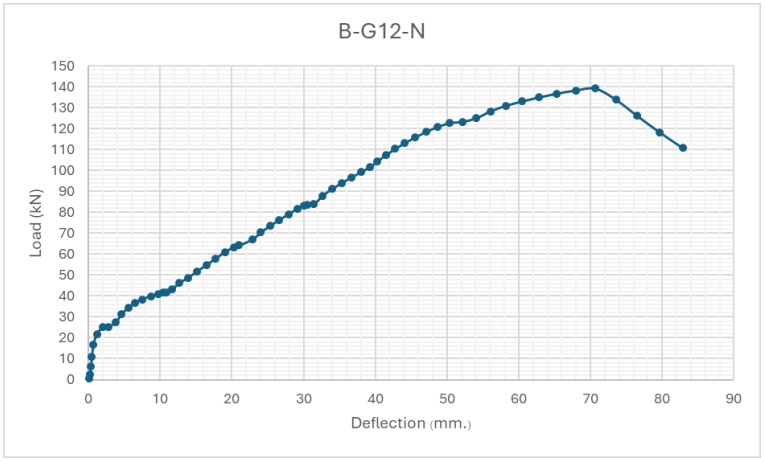
ตัวอย่าง	ขนาดของแท่ง GFRP (mm.)	ระยะฝัง (mm.)	พื้นที่ยึดเหนี่ยว (sq.mm.)	แรงดึงสูงสุด (kN)	MOF
PT-G09-1	9	45	1272.35	21.0	Bond slip
PT-G09-2	9	45	1272.35	21.2	Bond slip
PT-G09-3	9	45	1272.35	20.9	Bond slip
PT-G12-1	12	60	2261.95	38.3	Bond slip
PT-G12-2	12	60	2261.95	38.2	Bond slip
PT-G12-3	12	60	2261.95	38.3	Bond slip
PT-G15-1	15	75	3534.29	57.0	Bond slip
PT-G15-2	15	75	3534.29	57.1	Bond slip
PT-G15-3	15	75	3534.29	56.8	Bond slip

2. ผลการทดสอบคานคอนกรีต

1) คานตัวอย่าง B–G12–N (control) ที่ไม่มีการต่อทาบ พบว่าเมื่อให้แรงกดประมาณ 20 kN คานตัวอย่างเริ่มมีรอยการแตกร้าวจากใต้ท้องคาน และรอยแตกร้าวดังกล่าวเริ่มยาวขึ้นตามแรงกดที่มากขึ้น จนกระทั่งแรงกดถึง 139.2 kN คอนกรีตที่ผิวด้านบนของคานจึงเกิดการแตกจากแรงอัด โดยระยะการแอ่นตัวของคานอยู่ที่ 70 มม. จากนั้นแรงกดที่อ่านค่าได้เริ่มลดลง จึงถือว่าคานตัวอย่างได้วิบัติจากแรงอัดที่จุดดังกล่าว (ดังรูปที่ 10, 11 และตารางที่ 4)

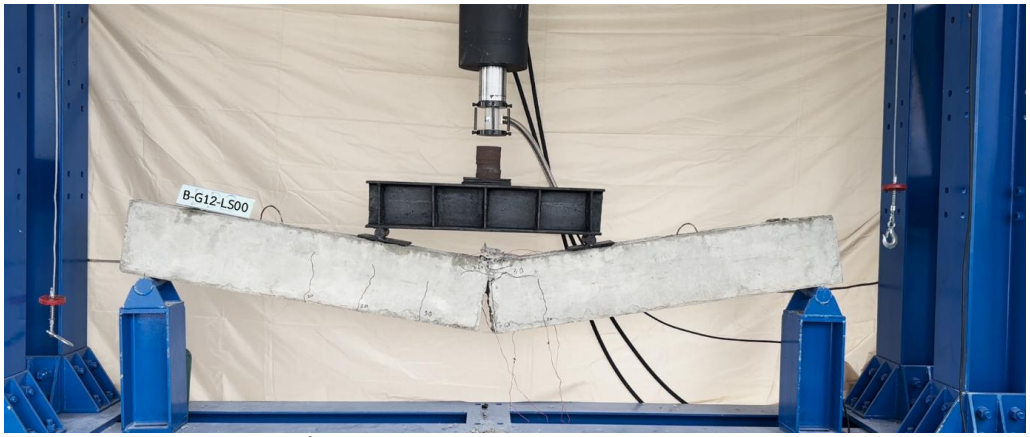


รูปที่ 10 การวิบัติของคานตัวอย่าง B–G12–N

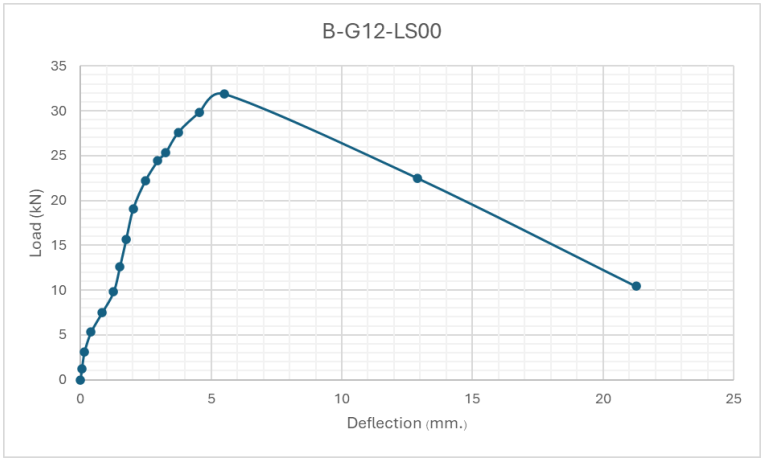


รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและระยะแอ่นของคานตัวอย่าง B–G12–N

2) คานตัวอย่าง B–G12–LS00 ที่มีการต่อทาบระยะ 0 มม. (ต่อชน) พบว่าเมื่อให้แรงกดประมาณ 20 kN คานตัวอย่างเริ่มมีรอยการแตกร้าวจากใต้ท้องคาน จนกระทั่งแรงกดถึง 31.8 kN คอนกรีตที่ผิวด้านล่างของคานจึงเกิดการแตกและแยกตัวออกจากแรงดึงในจุดที่ต่อทาบ โดยระยะการแอ่นตัวของคานอยู่ที่ 5 มม. จากนั้นแรงกดที่อ่านค่าได้เริ่มลดลง จึงถือว่าคานตัวอย่างได้วิบัติจากแรงดึงที่จุดดังกล่าว และเมื่อให้แรงกดต่อไป คอนกรีตที่ผิวด้านบนของคานเริ่มแตกจากแรงอัด ค่าการแอ่นตัวของคานอยู่ที่ 25 มม. คานตัวอย่างจึงหักลงสู่พื้น (ดังรูปที่ 12, 13 และตารางที่ 4)



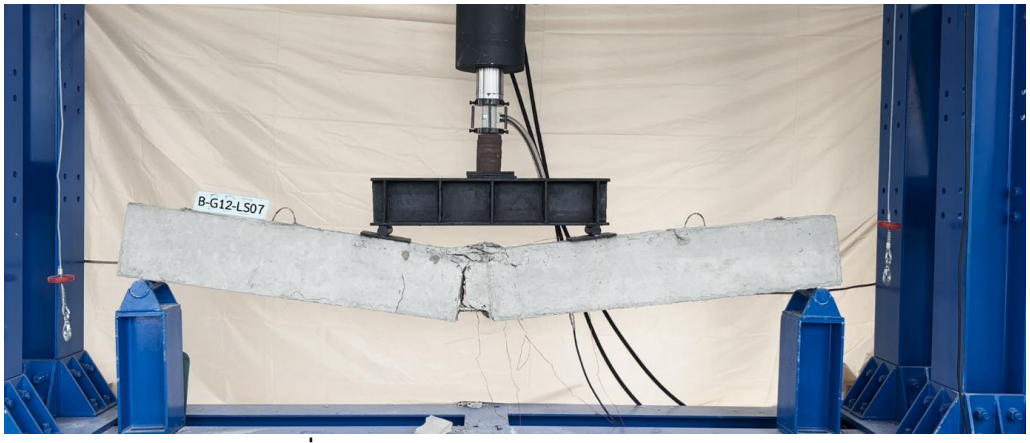
รูปที่ 12 การวิบัติของคานตัวอย่าง B-G12-LS00



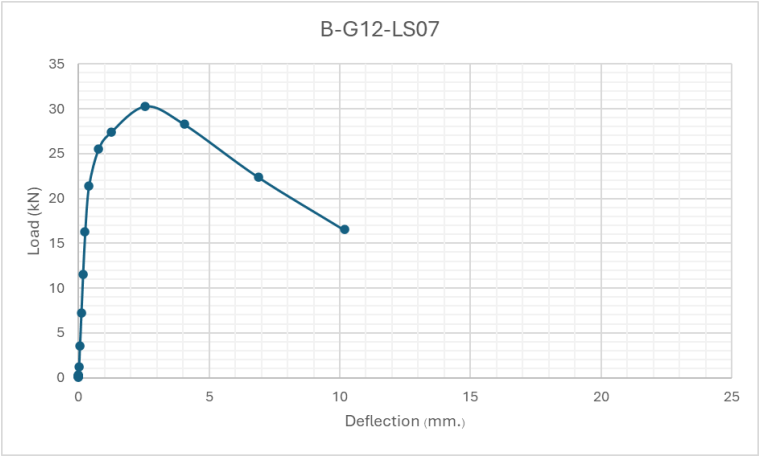
รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและระยะแอ่นของคานตัวอย่าง B-G12-LS00

คานตัวอย่าง B-G12-LS00 มีความสามารถในการรับแรงลดลงจากคานควบคุม B-G12-N ร้อยละ 77.16 และวิบัติแบบ tension failure โดยเกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ใต้ท้องคานบริเวณกลางคานซึ่งเป็นจุดต่อทาบ อันเกิดจากการไม่มีแท่ง GFRP รับแรงดึง และมีการแอ่นของคานลดลงร้อยละ 92.86

3) คานตัวอย่าง B-G12-LS07 ที่มีการต่อทาบระยะ 75 มม. พบว่าเมื่อให้แรงกดประมาณ 20 kN คานตัวอย่างเริ่มมีรอยการแตกร้าวจากใต้ท้องคาน จนกระทั่งแรงกดถึง 30.3 kN รอยการแตกร้าวจากใต้ท้องคานเพิ่มขึ้นในบริเวณจุดที่ต่อทาบ โดยระยะการแอ่นตัวของคานอยู่ที่ 3 มม. จากนั้นแรงกดที่อ่านค่าได้เริ่มลดลง จึงถือว่าคานตัวอย่างได้วิบัติจากแรงดึงที่จุดดังกล่าว และเมื่อให้แรงกดต่อไป คอนกรีตที่ผิวด้านล่างของคานบริเวณจุดที่ต่อทางหลุดร่วงออกจากคานตัวอย่าง คอนกรีตที่ผิวด้านบนของคานเกิดการแตกจากแรงอัด และเมื่อค่าการแอ่นตัวของคานอยู่ที่ 105 มม. คานตัวอย่างจึงหักลงสู่พื้น (ดังรูปที่ 14, 15 และตารางที่ 4)



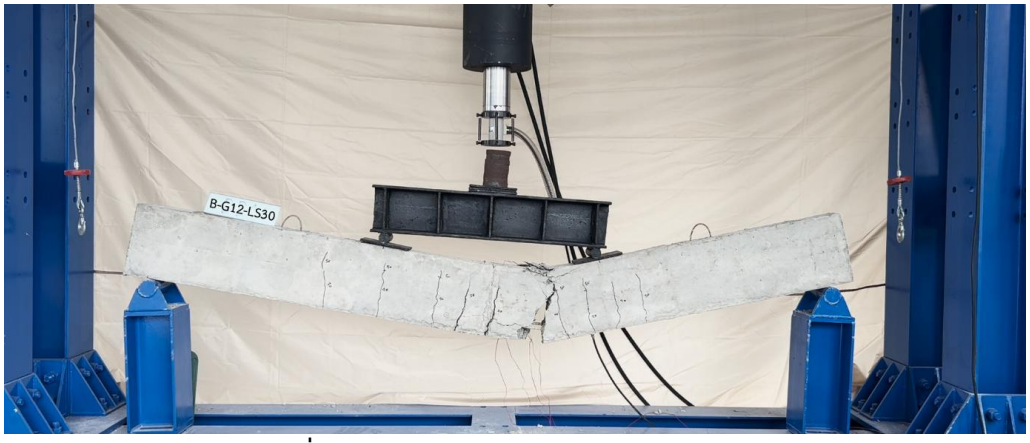
รูปที่ 14 การวิบัติของคานตัวอย่าง B-G12-LS07



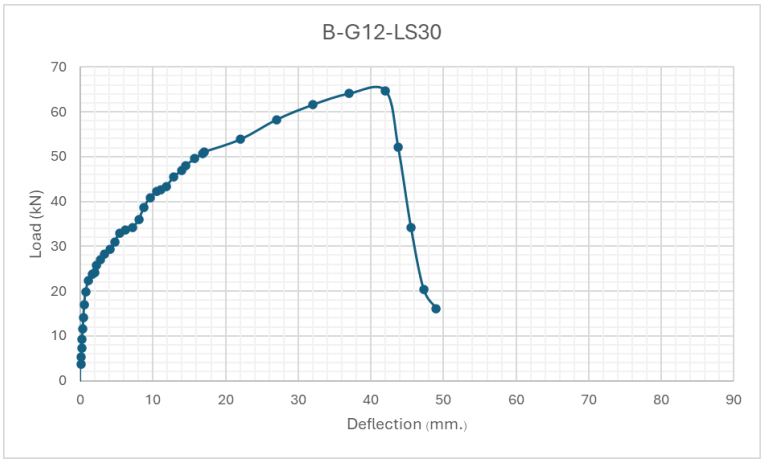
รูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและระยะแอ่นของคานตัวอย่าง B-G12-LS07

คานตัวอย่าง B-G12-LS07 มีความสามารถในการรับแรงลดลงจากคานควบคุม B-G12-N ร้อยละ 78.23 และวิบัติแบบ tension failure ก่อน โดยเกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่และมีคอนกรีตใต้ท้องคานบริเวณกลางคานบางส่วนหลุดออก ซึ่งเป็นจุดต่อทาบ อันเกิดจากการที่คอนกรีตไม่ยึดเกาะกับแท่ง GFRP ในช่วงระยะต่อทาบ มีการแอ่นของคานลดลงร้อยละ 95.71 และเมื่อให้เมื่อให้แรงกดต่อไปนั้น เกิดการแตกร้าวของคอนกรีตด้านบนของคานบริเวณกลางคาน อันเกิดจากคอนกรีตไม่สามารถรับกำลังอัดได้อีก

4) คานตัวอย่าง B-G12-LS30 ที่มีการต่อทาบระยะ 300 มม. (ตาม ACI 440.11-22 TABLE 25.5.2.1) พบว่าเมื่อให้แรงกดประมาณ 20 kN คานตัวอย่างเริ่มมีรอยการแตกร้าวจากใต้ท้องคาน และรอยแตกร้าวดังกล่าวเริ่มยาวขึ้นตามแรงกดที่มากขึ้น จนกระทั่งแรงกดถึง 64.7 kN รอยการแตกร้าวใต้ท้องคานบริเวณกึ่งกลางคานแยกออกจากกัน และเกิดร้อยร้าวแนวนอนในบริเวณระยะต่อทาบ โดยระยะการแอ่นตัวของคานอยู่ที่ 42 มม. จากนั้นแรงกดที่อ่านค่าได้เริ่มลดลง จึงถือว่าคานตัวอย่างได้วิบัติจากแรงดึงที่จุดดังกล่าว และเมื่อให้แรงกดต่อไป รอยร้าวใต้ท้องคานเริ่มแยกออกจากกัน มีคอนกรีตหลุดร่วงออกจากคานตัวอย่าง มองเห็นแท่ง GFRP รูดออกจากเนื้อคอนกรีต คอนกรีตที่ผิวด้านบนของคานเกิดการแตกจากแรงอัด และเมื่อค่าการแอ่นตัวของคานอยู่ที่ 180 มม. คานตัวอย่างจึงห้อยตัวลงจากกระบอกไฮดรอลิค (ดังรูปที่ 16, 17 และตารางที่ 4)

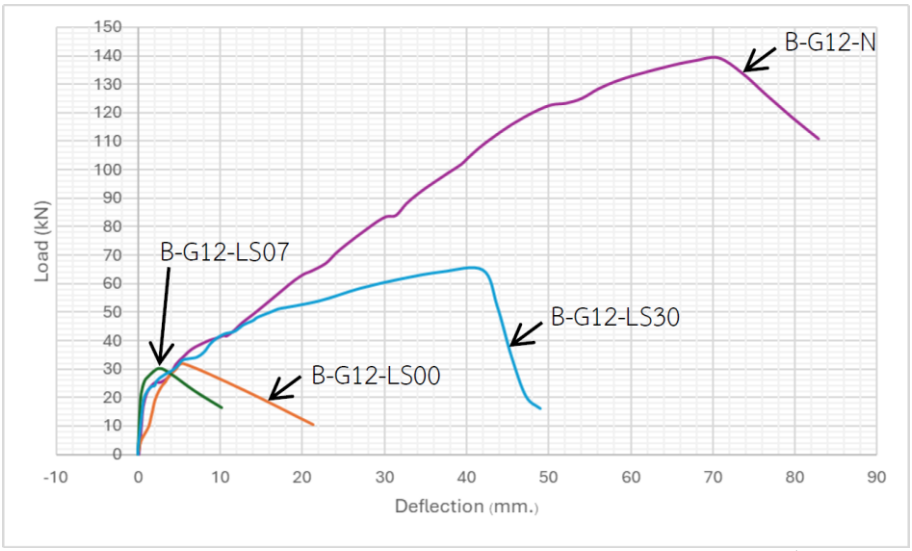


รูปที่ 16 การวิบัติของคานตัวอย่าง B-G12-LS30



รูปที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและระยะแอ่นของคานตัวอย่าง B-G12-LS30

คานตัวอย่าง B-G12-LS30 มีความสามารถในการรับแรงลดลงจากคานควบคุม B-G12-N ร้อยละ 50.52 และวิบัติแบบ tension failure โดยเกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ใต้ท้องคานหลายรอยบริเวณกลางคานในช่วงระยะต่อทาบ จนกระทั่งคานไม่สามารถรับแรงกดได้อีก มีการแอ่นของคานลดลงร้อยละ 40.00 และเมื่อให้แรงกดต่อไป ยังคงมีการแอ่นตัวเพิ่มขึ้น อันเกิดจากการที่คอนกรีตไม่ยึดเกาะกับแท่ง GFRP ทำให้ รูดออกมาตามรอยแยกคอนกรีต



รูปที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและระยะแอ่นของคานตัวอย่างทั้ง 4 คาน

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคานคอนกรีต

ตัวอย่าง	มิติของคาน (mm.)	แท่ง GFRP (mm.)	ระยะต่อทาบ (mm.)	แรงกดสูงสุด (kN)	ระยะแอ่นตัว (mm.)	MOF
B-G12-N	150x300x3,000	4#12 #9@100	-	139.2	70	compression failure
B-G12-LS00	150x300x3,000	4#12 #9@100	0	31.8	5	tension failure
B-G12-LS07	150x300x3,000	4#12 #9@100	75	30.3	3	tension failure (Bond slip)
B-G12-LS30	150x300x3,000	4#12 #9@100	300	64.7	42	tension failure (Bond slip)

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

จากผลการทดสอบแรงถอนของแท่ง GFRP จากก้อนคอนกรีต สามารถสรุปได้ว่า ค่าความเค้นยึดเหนี่ยว (Bond stress) ระหว่างแท่ง GFRP ทั้ง 3 ขนาด กับคอนกรีต มีค่าใกล้เคียงกันหรือค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.522 Mpa ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการรับความเค้นยึดเหนี่ยวของแท่ง GFRP นั้นขึ้นอยู่กับระยะฝังของแท่ง GFRP ในคอนกรีตและกำลังรับแรงอัด (f'c) ของคอนกรีต ดังนั้นถ้ามีการเพิ่มขึ้นของระยะฝัง และกำลังรับแรงอัด ก็จะส่งผลให้ความสามารถในการรับความเค้นยึดเหนี่ยวของแท่ง GFRP สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการรับความเค้นยึดเหนี่ยวของแท่ง GFRP ค่าดังกล่าวยังมีค่าน้อยกว่าค่าความเค้นภายในของคอนกรีตและแท่ง GFRP จึงทำให้แท่ง GFRP หลุดออกจากคอนกรีต โดยที่ แท่ง GFRP และคอนกรีตไม่เกิดความเสียหาย

จากผลการศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังของคานคอนกรีตที่เสริมแรงด้วยแท่ง GFRP ที่มีการต่อทาบในระยะแตกต่างกันนั้น เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงของคานตัวอย่างที่มีการต่อทาบทั้ง 3 คานตัวอย่าง แสดง

ให้เห็นว่าการต่อทาบนั้นส่งผลต่อความสามารถในการรับกำลังของคานคอนกรีตอย่างมาก (ดังรูปที่ 18) โดยคานที่มีการต่อทาบที่ระยะ 0 มม. การรับแรงดึงใต้ท้องคานที่เกิดขึ้นมาจากความสามารถในการรับแรงของคอนกรีตเพียงเท่านั้น คานจึงสามารถรับแรงกดได้น้อยที่สุด คานที่มีระยะการต่อทาบที่ระยะ 75 มม. และ 300 มม. นั้นการรับแรงดึงใต้ท้องคานที่เกิดขึ้นมาจากความสามารถในการรับแรงของแท่ง GFRP แต่ระยะทาบของแท่ง GFRP ที่ควรจะมากกว่าหรือเท่ากับระยะพัฒนากำลัง (Development Length) คือค่าความยาวของแท่ง GFRP ที่ฝังอยู่ในคอนกรีตเพื่อให้แท่ง GFRP สามารถถ่ายทอดแรงดึง (Tension) ได้เต็มที่ตามกำลังของมัน ก่อนที่จะเริ่มลื่นไถลหรือหลุดออกจากเนื้อคอนกรีต แต่ด้วยค่าความเค้นยึดเหนี่ยวระหว่างแท่ง GFRP กับคอนกรีตที่ค่าไม่สูงพอ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบแรงถอน ทำให้ระยะพัฒนากำลัง และระยะทาบของแท่ง GFRP ไม่สามารถรับแรงดึงได้มากพอ คานที่มีการต่อทาบของแท่ง GFRP จึงไม่สามารถรับแรงกดได้เหมือนคานที่ไม่มีการต่อทาบ

ดังนั้น ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยแท่ง GFRP จึงควรหลีกเลี่ยงการต่อทาบ โดยการสั่งผลิตแท่ง GFRP ให้ได้ขนาดความยาวเพียงพอต่อการใช้งาน ปรับปรุงรอยต่อทาบโดยใช้วัสดุอื่นมาช่วยประสานรอยท่อทาบเพื่อให้แท่ง GFRP ทั้ง 2 เส้นสามารถยึดเหนี่ยวกันเองได้โดยไม่ต้องพึ่งพาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแท่ง GFRP กับคอนกรีต หรือเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและแท่ง GFRP โดยใช้สารเคลือบผิวแท่ง GFRP อย่างเช่น Sand-coated GFRP และ ระบบสมอ Ribs Anchorage เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ(ศูนย์สุพรรณบุรี) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณกลุ่มวิเคราะห์ ทดสอบและควบคุมคุณภาพ สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดสอบทำการทดสอบงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

วรากร อุ่นสมบัติ และชูชัย สุจิวรกุล และประวีณ ชมปรีดา. (2566). การศึกษาแรงยึดเหนี่ยวของแท่ง GFRP กับคอนกรีตและการรับแรงภายในของคานคอนกรีตที่เสริมแรงด้วยเหล็กเสริมและแท่ง GFRP, ประเทศไทย

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2566). คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย พ.ศ.2566, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรสีห์ มุณีรัตน์, กณิกนันต์ แก้วด้วง, ตะวันออก คลังนาค, สายันต์ ศิริมนตรี, ชนะชัย ทองโฉม และภีม เหนือคลอง. (2568). พฤติกรรมการยึดเหนี่ยวของแท่งพอลิเมอร์เสริมใยแก้วที่ฝังในคอนกรีต, ประเทศไทย

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พอลิเมอร์เสริมเส้นใยสำหรับงานโครงสร้างคอนกรีตไม่อัดแรง (มอก.2973-2562), ประเทศไทย

Alireza Doostmohamadi, Mohammad Karamloo and Oveys Afzali-Naniz. (2020). Effect of polyolefin macro fibers and handmade GFRP anchorage system on improving the bonding behavior of GFRP bars embedded in self-compacting lightweight concrete. Elsevier Ltd. Construction and Building Materials 253 (2020) 119230.

American Concrete Institute. (2012). Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars (ACI440.3R-12), U.S.A.

American Concrete Institute. (2015). Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars (ACI440.1R-15), U.S.A.

American Concrete Institute. (2023). Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced with Glass Fiber–Reinforced Polymer (GFRP) Bars – Code and Commentary (ACI440.11–12), U.S.A.

Bai Zhang, Hong Zhu, Gang Wu, Qiang Wang and Ting Li. (2020). Improvement of bond performance between concrete and CFRP bars with optimized additional aluminum ribs anchorage. Elsevier Ltd. Construction and Building Materials 241 (2020) 118012.

Milad Shakiba, Asghar Vatani Oskouei, Mohammad Karamloo and Alireza Doostmohamadi. (2021). Effect of mat anchorage on flexural bonding strength between concrete and sand coated GFRP bars. Elsevier Ltd. Composite Structures 273 (2021) 114339.

Natasa Jeremic and Shamim A. Sheikh (2021). Preformance of Glass Fiber–Reinforced Polymer Bent Bars. ACI Structural Journal/March 2021 Title No. 118–S46.

Thanongsak Imjai, Maurizio Guadagnini and Kypros Pilakoutas. (2017). Bend Strength of FRP Bars: Experimental Investigation and Bond Mpdeling. J.Mater.Civ.Eng.10.1061/(ASCE) MT.1943–5533.000185.

การรับแรงดัดของคานคอนกรีตที่มีอัตราส่วนการเสริมแรงด้วยแท่ง GFRP ที่แตกต่างกัน

Flexural Strength of Concrete Beams with Different Reinforcement Ratios Using GFRP Bars

ธนรัฐ ปรีชาจารย์[1*] ณัฐวุฒิ อินทบุตร[1] และ ประพันธ์ วัฒนเดชาชาญ[2]

Tanarat Preechajan[1*], Nuttawut Intaboot[1], and Prapan Wattanadechachan[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริมด้วยพอลิเมอร์เส้นใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer: GFRP) โดยเลือกใช้แท่ง GFRP จากโรงงานที่ผลิตในประเทศไทยและได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในการเสริมกำลังคอนกรีต ทดสอบคานขนาด 150 × 300 × 3,000 มิลลิเมตร จำนวน 4 ตัวอย่าง ซึ่งเสริมด้วยแท่ง GFRP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 9, 12, 15 มิลลิเมตร และขนาด 9 มิลลิเมตร แบบเสริม 2 ชั้น เพื่อให้เกิดลักษณะการวิบัติแบบ Balance Controlled, Compression Controlled และ Tension Controlled เปรียบเทียบการรับน้ำหนักของคานทดสอบกับการออกแบบตามมาตรฐาน ACI.440.1R-15 จากผลของการศึกษาพบว่า รูปแบบการวิบัติของคานเป็นไปตามการออกแบบที่คาดหมาย และค่าการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดจากการทดสอบมีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน ACI 440.1R-15 เฉลี่ย 2.16 เท่า และการออกแบบให้เกิดการวิบัติแบบ Compression Controlled มีความปลอดภัยมากกว่าการออกแบบให้เกิดการวิบัติแบบ Tension Controlled เนื่องจากแท่ง GFRP ไม่มีกำลังที่จุดครากเหมือนกับเหล็กเส้น แต่จะใช้ค่ากำลังประลัยในการออกแบบ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นอีกแนวทางในการใช้แท่ง GFRP เป็นทางเลือก ในการออกแบบอาคารคอนกรีตในอนาคต

คำสำคัญ: คานคอนกรีต, กำลังรับแรงดัด, พอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

[2] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10170

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi, 72130

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Bangkokthonburi University, Bangkok, 10170

*Corresponding author: tanarattp@gmail.com

Abstract

This research presents a study on the flexural behavior of concrete beams reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) bars. The GFRP bars used in this study were manufactured in Thailand and certified by the Thai Industrial Standard Institute (TISI). Four concrete beam specimens with dimensions of 150 × 300 × 3,000 mm were tested. The beam reinforced with GFRP bars of 9 mm, 12 mm, and 15 mm in diameter, as well as 9 mm bars arranged in two layers. The reinforcement was designed to produce three distinct failure modes: balance-controlled, compression-controlled, and tension-controlled. The experimental results were compared with the design values calculated according to ACI 440.1R-15. The findings revealed that the failure modes of the beams corresponded well with the predicted behavior, and the average ultimate load capacity obtained from testing was approximately 2.16 times higher than that predicted by ACI 440.1R-15. Furthermore, beams designed for compression-controlled failure exhibited greater safety compared to those designed for tension-controlled failure, as GFRP bars do not exhibit yielding behavior like steel reinforcement but rather fail at their ultimate tensile strength. Therefore, this study provides an alternative approach for the use of GFRP bars in future reinforced concrete design applications.

Keywords: Reinforced concrete beam, Flexural strength, Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)

บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างไทยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กยังเป็นระบบหลักที่นิยมใช้เนื่องจากความทนทานและรับน้ำหนักได้ดี อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กคือการเกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริม ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เมื่อเหล็กเสริมเกิดการกัดกร่อน จะทำให้พื้นที่หน้าตัดของเหล็กลดลง เกิดการขยายตัวของสนิม ส่งผลให้คอนกรีตแตกร้าว หลุดร่อน และความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างลดลง อาจเป็นอันตรายต่อความปลอดภัยในการใช้งาน จึงมีการศึกษาวัสดุทางเลือกเพื่อทดแทนเหล็กเสริม หนึ่งในวัสดุที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายคือ พอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer: GFRP) ซึ่งมีคุณสมบัติเด่น ได้แก่ ความต้านทานแรงดึงสูง น้ำหนักเบา ทนทานต่อการกัดกร่อน ไม่เป็นสนิม และเป็นฉนวนไฟฟ้า ทำให้สามารถลดปัญหาการเสื่อมสภาพของโครงสร้างในระยะยาวได้ ปัจจุบัน GFRP ได้มีการใช้งานในต่างประเทศมาเป็นระยะนาน และเริ่มแพร่หลายในประเทศไทย เช่น งานพื้นถนน งานถังเก็บน้ำ และอาคารที่ไม่ได้รับแรงสำคัญ อีกทั้งยังได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. 2973-2562 ซึ่งช่วยยืนยันถึงคุณภาพของวัสดุ

แม้ GFRP จะมีคุณสมบัติที่โดดเด่น แต่การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริม GFRP มีความแตกต่างจากเหล็กเสริมทั่วไป เนื่องจากพฤติกรรมทางกลและอัตราการเสียรูปไม่เหมือนกับเหล็กเสริม จึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะพฤติกรรมการรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริม GFRP ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบโครงสร้าง ดังนั้น การออกแบบตามมาตรฐานสำหรับเหล็กเสริมทั่วไปไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง และจำเป็นต้องอ้างอิงมาตรฐานเฉพาะ เช่น ACI 440.1R-15 หรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาพฤติกรรมการรับแรงดัดของคานคอนกรีตที่เสริมด้วยแท่ง GFRP เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมการแตกร้าว การโก่งตัว และความสามารถในการรับกำลังเปรียบเทียบกับการคำนวณตามมาตรฐาน ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนางานออกแบบและเป็นแนวทางให้กับวิศวกร นักวิจัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการนำวัสดุชนิดนี้ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมโยธาอย่างเหมาะสมและปลอดภัย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้มุ่งเน้น การศึกษาการรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริมแรงด้วยแท่ง GFRP โดยสามารถแบ่งวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตที่มีอัตราส่วนการเสริมแรงด้วยแท่ง GFRP ขนาด 9, 12, 15 มิลลิเมตร และขนาด 9 มิลลิเมตร แบบเสริม 2 ชั้น ภายใต้การวิบัติแบบ Balance Controlled, Compression Controlled และ Tension Controlled

2. เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการรับแรงดัด การเกิดรอยแตกร้าว การโก่งตัว และการรับน้ำหนักสูงสุดของคานคอนกรีตเสริมแท่ง GFRP

3. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบเชิงทดลองกับค่าทางทฤษฎีที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐาน ACI.440.1R-15

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดสอบการรับแรงดัดของคานคอนกรีตที่เสริมด้วยพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (GFRP) ในงานวิจัยนี้ดำเนินการตามมาตรฐาน American Concrete Institute (ACI) และ American Society for Testing and Materials (ASTM)

1. วัสดุและอุปกรณ์

แท่ง GFRP ขนาด 9 มิลลิเมตร สามารถรับกำลังประลัย 750 เมกะปาสคาล, ขนาด 12 มิลลิเมตร สามารถรับกำลังประลัย 700 เมกะปาสคาล และขนาด 15 มิลลิเมตร สามารถรับกำลังประลัย 650 เมกะปาสคาล ดังรูปที่ 1

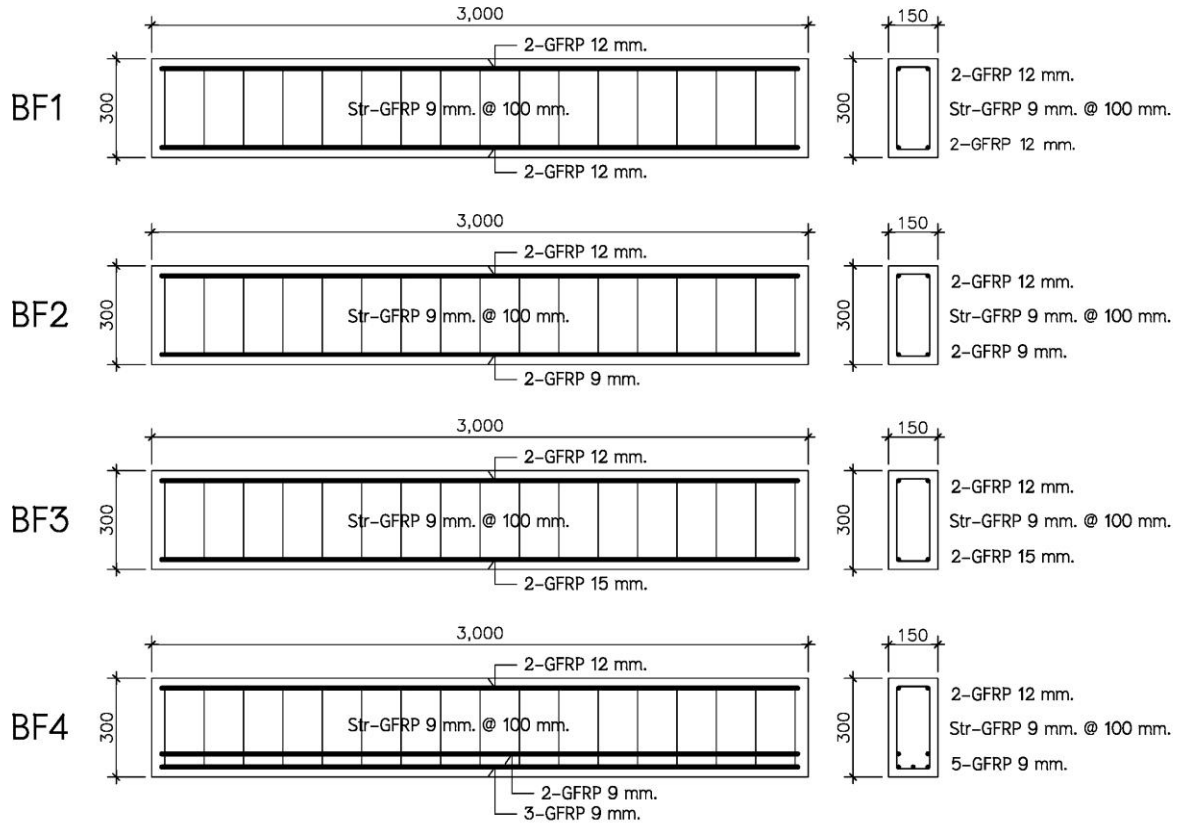


รูปที่ 1 วัสดุแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (GFRP) ขนาดต่าง ๆ

คานคอนกรีตที่มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมขนาด 150 x 300 มิลลิเมตร ยาว 3,000 มิลลิเมตร จำนวน 4 ตัวอย่าง ออกแบบโดยใช้มาตรฐาน ACI.440.1R-15 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 30 เมกะปาสคาล เพื่อให้เกิดลักษณะการการวิบัติแบบ Balance Controlled, Compression Controlled และ Tension Controlled ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสามารถสรุปการเสริมแท่ง GFRP ในคานคอนกรีต ได้ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ตารางแสดงการออกแบบตัวอย่างทดสอบ

Sample No.	การเสริมแท่ง GFRP รับแรงดึง	พื้นที่หน้าตัด A_f (mm^2)	M_n (KN–m)	P_{max} (KN)	อัตราส่วนการเสริมแรง, ρ	เงื่อนไข
BF1	2–GFRP 12 มม.	226	33.29	70.08	0.004478	Balance Controlled
BF2	2–GFRP 9 มม.	122	25.87	54.47	0.003939	Tension Controlled
BF3	2–GFRP 15 มม.	398	41.97	88.37	0.005136	Compression Controlled
BF4	5–GFRP 9 มม.	315	38.20	80.42	0.003939	Compression Controlled



รูปที่ 2 การเสริมแท่ง GFRP ของคานคอนกรีต BF1, BF2, BF3 และ BF4

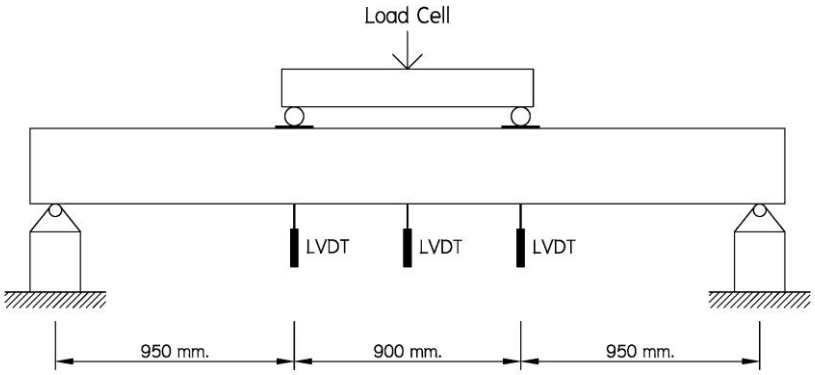
เครื่องทดสอบประเภทแรงกระทำแบบสามจุด (Third–Point Loading Method) ตามมาตรฐาน ASTM C78 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องทดสอบประเภทแรงกระทำแบบสามจุด (Third–Point Loading Method)

2. วิธีการทดสอบ

นำคานเข้าเครื่องทดสอบประเภทแรงกระทำแบบสามจุด ติดตั้งคานทดสอบ และติดตั้ง Linear variable differential transformer (LVDT) เพื่อใช้วัดค่าการแอ่นตัวของคารที่ทดสอบ ดังรูปที่ 4 โดยการทดสอบจะให้น้ำหนัก (Load) กดลงที่คานตัวอย่างจนเกิดการแอ่นตัวและเกิดการวิบัติ จากนั้นจะสังเกตุพฤติกรรมการรับแรงดัดและสภาพการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกค่ากำลังการรับน้ำหนักในช่วงต่าง ๆ ของตังอย่างคานที่นำมาทดสอบ โดยข้อมูลจะได้จากการวัดค่าผ่านทางอุปกรณ์ที่ได้ติดตั้งไว้ ซึ่งจะเชื่อมต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) แล้วเชื่อมต่อมายังคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบครั้งนี้ ทั้งนี้เพื่อนำผลการทดสอบทั้งหมด อาทิ ค่ากำลังการรับน้ำหนักที่มากระทำ ค่าการแอ่นตัว รูปแบบการเกิดรอยร้าว การวิบัติ เป็นต้น นำไปใช้วิเคราะห์พฤติกรรมที่เกิดขึ้นของคานตัวอย่างทดสอบต่อไป



รูปที่ 4 การติดตั้งเครื่องมือทดสอบ

3. สมการที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ได้คำนวณออกแบบคานคอนกรีตเสริมด้วยแท่ง GFRP ตามมาตรฐาน ACI.440.1R-15 โดยใช้สมการ ดังนี้

1) อัตราส่วนการเสริมเหล็กแบบสมดุล

$$\rho_{fb} = 0.85\beta_1 \frac{f_c'}{f_{fu}} \frac{E_f \varepsilon_{cu}}{E_f \varepsilon_{cu} + f_{fu}}$$

ρ_{fb} = อัตราส่วนการเสริมแรงด้วยแท่ง GFRP ที่ทำให้เกิดสภาวะความเครียดสมดุล

β_1 = ตัวคูณลด โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.85 สำหรับคอนกรีตที่มี f_c' ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 28 MPa ตัวคูณลดนี้จะลดลงต่อเนื่องที่อัตรา 0.05 ทุก 7 MPa แต่ตัวคูณลดจะไม่น้อยกว่า 0.65

f_c' = ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่กำหนด, เมกะปาสคาล, MPa

f_{fu} = ค่าความต้านทานแรงดึงออกแบบของแท่ง GFRP, เมกะปาสคาล, MPa

E_f = มอดุลัสยืดหยุ่นออกแบบของแท่ง GFRP, เมกะปาสคาล, MPa

ε_{cu} = ค่าความเครียดประลัยของคอนกรีต

2) กำลังรับโมเมนต์

$$M_n = \rho_f f_f \left(1 - 0.59 \frac{\rho_f f_f}{f_c'}\right) bd^2$$

M_n = กำลังรับโมเมนต์ที่คำนวณได้ทางทฤษฎี, นิวตัน-มิลลิเมตร, N-mm

ρ_f = อัตราส่วนการเสริมแรงด้วยแท่ง GFRP

f_f = ความเค้นในพอลิเมอร์เสริมเส้นใยในการรับแรงดึง, เมกะปาสคาล, MPa

f_c' = ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่กำหนด, เมกะปาสคาล, MPa

b = ความกว้างของหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า, มิลลิเมตร, mm

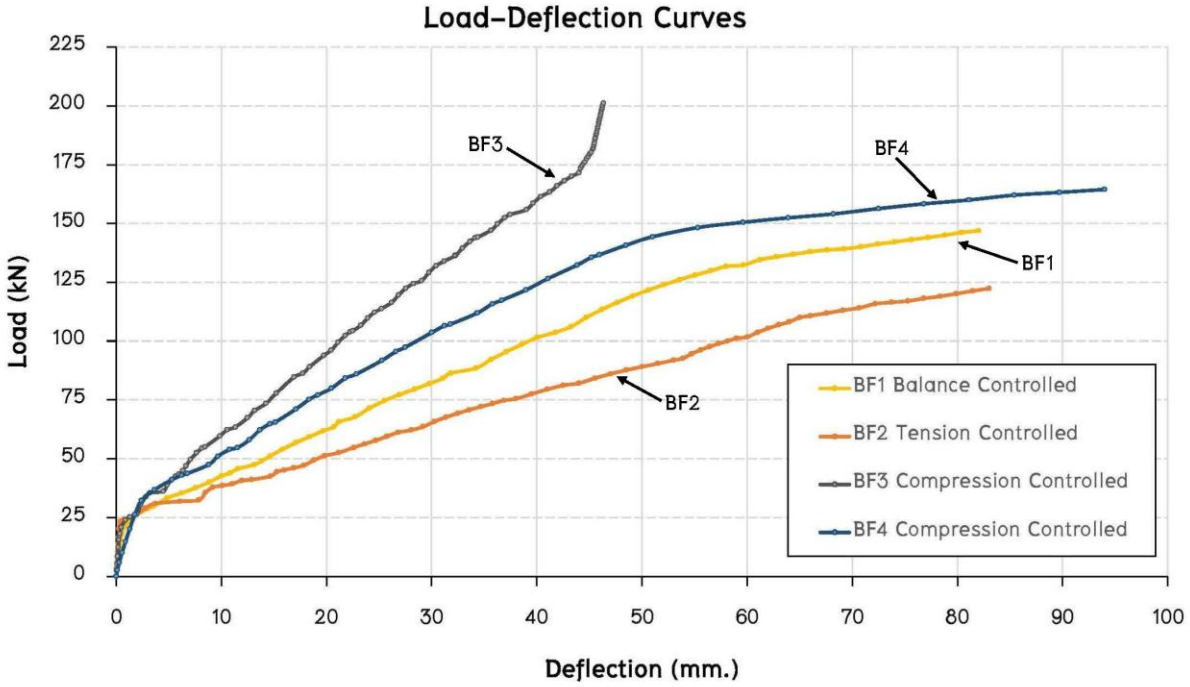
d = ระยะห่างระหว่างริมรับแรงอัดสูงสุดถึงจุดศูนย์ถ่วงของการเสริมแรงเพื่อรับแรงดึง, มิลลิเมตร, mm

ผลการศึกษา

1. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการโก่งตัว

ผลการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 5 พบว่า ตัวอย่าง BF1 มีความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการโก่งตัวเพิ่มขึ้นแบบราบเรียบ จนเกิดการวิบัติที่น้ำหนักบรรทุกประลัย (Ultimate Load) เท่ากับ 146.94 กิโลนิวตัน และมีค่าการโก่งตัวเท่ากับ 82 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่าง BF2 และ BF4 ที่วิบัติที่น้ำหนักบรรทุกประลัยเท่ากับ 122.39 กิโลนิวตัน และ 164.46 กิโลนิวตัน และมีค่าการโก่งตัวเท่ากับ 83 มิลลิเมตร และ 94 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่ามีแนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการโก่งตัวใกล้เคียงกันกับตัวอย่าง BF1

สำหรับตัวอย่าง BF3 มีแนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการโก่งที่ชันกว่าตัวอย่างอื่น และมีความชันมากเมื่อน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 172 กิโลนิวตัน จนวิบัติที่น้ำหนักบรรทุกประลัยเท่ากับ 201.15 กิโลนิวตัน และมีค่าการโก่งตัวเท่ากับ 46 มิลลิเมตร ซึ่งการเสริมแท่ง GFRP ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นที่ด้านล่างเพื่อทำหน้าที่รับแรงดึงจะช่วยเพิ่มการต้านทานการโก่งตัวของคานคอนกรีต ส่งผลให้ค่าการโก่งตัวของตัวอย่าง BF3 มีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกระทำกับค่าการโก่งตัวที่กึ่งกลางของคานทดสอบ

2. ลักษณะการวิบัติและรอยแตกร้าว

ผลการทดสอบด้านการวิบัติและรอยแตกร้าวโดยการวาดรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นลงบนผิวคอนกรีต เมื่อมีน้ำหนักกระทำในระดับต่าง ๆ พบว่าตัวอย่าง BF1 ดังรูปที่ 6 เริ่มมีการแตกร้าวแรก (First Crack) ที่ใต้ท้องคานบริเวณกึ่งกลางที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 27 กิโลนิวตัน และมีแรงเฉือนเกิดขึ้นนอกระยะแรงดัดเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 40 กิโลนิวตัน หรือประมาณร้อยละ 26 ของน้ำหนักบรรทุกประลัย เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกมากขึ้นพบว่ามีรอยร้าวค่อนข้างมากและมีการโก่งตัวเพิ่มขึ้น และคานคอนกรีตเริ่มเกิดกำลังอัดที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 131 กิโลนิวตัน จนกระทั่งเกิดการวิบัติในช่วงการรับกำลังอัดเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 146.94 กิโลนิวตัน

สำหรับตัวอย่าง BF2 ดังรูปที่ 7 พบว่าเริ่มมีการแตกร้าวแรกที่ใต้ท้องคานบริเวณกึ่งกลางที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 24 กิโลนิวตัน และมีแรงเฉือนเกิดขึ้นนอกระยะแรงดัดเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 40 กิโลนิวตัน หรือประมาณร้อยละ 32 ของน้ำหนักบรรทุกประลัย เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทำให้รอยแตกร้าวเพิ่มมากขึ้นและมีความกว้างของรอยแตกร้าวค่อนข้างกว่างกว่าตัวอย่าง BF1 และคานคอนกรีตเริ่มเกิดกำลังอัดที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 100 กิโลนิวตัน จนกระทั่งเกิดการวิบัติในช่วงการรับแรงดึงทำให้แท่ง GFRP ขาด และคานหักเป็นสองท่อนที่บริเวณกึ่งกลางเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 122.39 กิโลนิวตัน

สำหรับตัวอย่าง BF3 ดังรูปที่ 8 พบว่าเริ่มมีการแตกร้าวแรกที่ใต้ท้องคานบริเวณกึ่งกลางเพียงเล็กน้อยเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 25 กิโลนิวตัน และมีแรงเฉือนเกิดขึ้นนอกระยะแรงดัดเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 40 กิโลนิวตัน หรือประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักบรรทุกประลัย เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทำให้รอยแตกร้าวเพิ่มมากขึ้นและมีความกว้างของรอยแตกร้าวเพิ่มขึ้นแต่รอยแตกร้าวมีความกว้างน้อยกว่าตัวอย่าง BF1 และ BF2 อย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากการโก่งตัวที่น้อยกว่า และคานคอนกรีตเกิดการเสียหายที่กำลังอัดที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 174 กิโลนิวตัน จนกระทั่งเกิดการวิบัติในช่วงการรับกำลังอัดเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 201.15 กิโลนิวตัน

สำหรับตัวอย่าง BF4 ดังรูปที่ 9 พบว่าเริ่มมีการแตกร้าวแรกที่ใต้ท้องคานบริเวณกึ่งกลาง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 30 กิโลนิวตัน และมีแรงเฉือนเกิดขึ้นนอกระยะแรงดัดเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 40 กิโลนิวตัน หรือประมาณร้อยละ 18 ของน้ำหนักบรรทุกประลัย เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทำให้รอยแตกร้าวเพิ่มมากขึ้นและเริ่มเกิดกำลังอัดที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 149 กิโลนิวตัน จนกระทั่งเกิดการวิบัติในช่วงการรับกำลังอัดเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 164.46 กิโลนิวตัน



รูปที่ 6 การวิบัติและรอยแตกร้าวของตัวอย่าง BF1



รูปที่ 7 การวิบัติและรอยแตกร้าวของตัวอย่าง BF2



รูปที่ 8 การวิบัติและรอยแตกร้าวของตัวอย่าง BF3



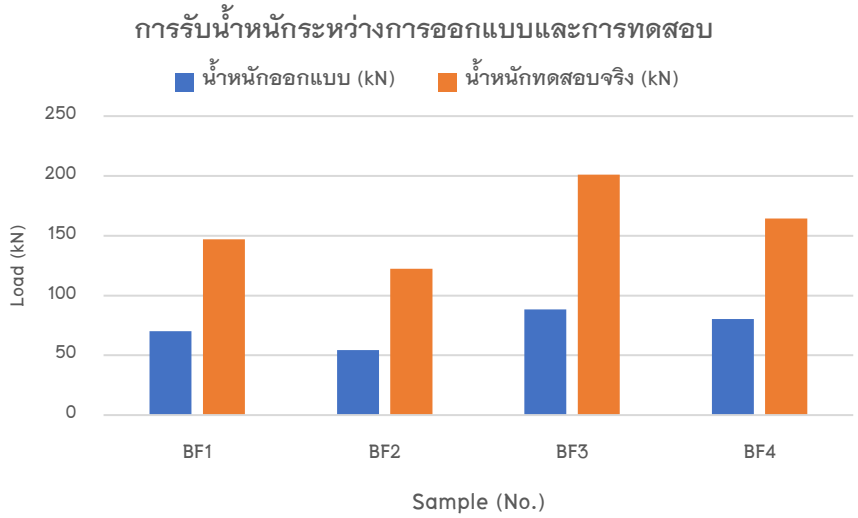
รูปที่ 9 การวิบัติและรอยแตกร้าวของตัวอย่าง BF4

3. การเปรียบเทียบการรับน้ำหนักระหว่างการออกแบบและการทดสอบ

ผลการทดสอบด้านการรับน้ำหนักระหว่างการออกแบบและการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าจากการทดสอบตัวอย่าง BF1, BF2, BF3 และ BF4 สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงสุดเท่ากับ 146.94, 122.39, 201.15 และ 164.46 กิโลนิวตัน ตามลำดับ ซึ่งสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่าการออกแบบในทุกตัวอย่าง ดังรูปที่ 10 และเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนการับน้ำหนักสูงสุดระหว่างการออกแบบและการทดสอบเฉลี่ยได้เท่ากับ 2.16 เท่า

ตารางที่ 2 การรับน้ำหนักของคานเปรียบเทียบระหว่างการออกแบบและการทดสอบ

Sample No.	น้ำหนักออกแบบ (kN)	น้ำหนักทดสอบจริง (kN)	อัตราส่วน ทดสอบ/ออกแบบ	เพิ่มขึ้น(+)/ลดลง(–) (%)
BF1	70.08	146.94	2.09	+109.67
BF2	54.47	122.39	2.24	+124.69
BF3	88.37	201.15	2.27	+127.62
BF4	80.42	164.46	2.04	+104.50



รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบการรับน้ำหนักระหว่างการออกแบบและการทดสอบ

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงดัดของคานคอนกรีตที่เสริมด้วยแท่ง GFRP ที่แตกต่างกัน สามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังนี้

1. คานคอนกรีตทุกตัวอย่างสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าที่ออกแบบไว้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากการคำนวณออกแบบจะมีค่าสัดส่วนความปลอดภัยมาประกอบในสมการคำนวณเสมอ ทำให้กำลังที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่ากำลังที่ได้จากการทดสอบเสมอ อีกทั้งคอนกรีตที่ใช้มีความสามารถในการรับแรงที่เกิดขึ้นจริงสูงกว่าค่าค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการออกแบบ อีกทั้งนอกจากนี้ค่าความสามารถในการต้านทางแรงดึงของแท่ง GFRP ตามมาตรฐาน มอก.2973–2562 ถูกใช้ประกอบในการคำนวณออกแบบ แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการรับแรงดึงของแท่ง GFRP ที่เกิดขึ้นจริงมีค่าสูงกว่าตามมาตรฐานเช่นกัน ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้กำลังความสามารถในการรับแรงของคาน BF1–BF4 ที่ได้จาการทดสอบจริงมีค่ามากกว่าที่ได้จากการคำนวณ โดยตัวอย่างคานคอนกรีตที่ทดสอบ

มีความสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.16 เท่า เมื่อเทียบกับค่าคำนวณออกแบบ ซึ่งตัวอย่าง BF3 มีประสิทธิภาพสูงที่สุด และตัวอย่าง BF4 มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดแต่ยังสูงกว่าค่าจากการออกแบบ

2. ในด้านการต้านทางการเสียรูปจากการโก่งตัว (Stiffness) พบว่าการโก่งตัวของคานคอนกรีตมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ คานคอนกรีตทุกตัวอย่างได้เสริมด้วยแท่ง GFRP ที่มีขนาดแตกต่างกัน ส่งผลให้มีปริมาณพื้นที่หน้าตัดแตกต่างกัน ทำให้การโก่งตัวของคานตัวอย่างที่เสริมด้วยแท่ง GFRP ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าหรือมีปริมาณพื้นที่หน้าตัดสูงกว่าจะมีการโก่งตัวน้อยกว่าคานตัวอย่างที่เสริมด้วยแท่ง GFRP ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าหรือพื้นที่หน้าตัดที่น้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากคานคอนกรีตมีขนาดเท่ากันทั้ง 4 ตัวอย่างส่งผลให้ Stiffness ของคานจะขึ้นอยู่กับขนาดหรือพื้นที่หน้าตัดของ GFRP ที่เสริมอยู่ข้างใน เมื่อคานที่มีการเสริม GFRP ขนาดใหญ่หรือมีปริมาณพื้นที่หน้าตัดมาก ค่า Stiffness ของคานดังกล่าวก็จะสูงขึ้นทำให้การเสียรูปจากการโก่งตัวนั้นน้อยลง ดังนั้น จากการทดสอบตัวอย่าง BF4 มีการโก่งตัวสูงที่สุด ค่าการโก่งตัวเท่ากับ 94 มิลลิเมตร สำหรับตัวอย่าง BF3 ที่มีการเสริมแท่ง GFRP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุด (15 มิลลิเมตร) มีการโก่งตัวน้อยที่สุด ค่าการโก่งตัวเท่ากับ 46 มิลลิเมตร

3. การวิบัติของคานทดสอบ แบบ Balance Controlled, Compression Controlled และ Tension Controlled เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

4. การแตกร้าวของคอนกรีตจะเริ่มจากกึ่งกลางคาน โดยส่วนใหญ่จะแตกร้าวตามแนวการเสริมปลอก GFRP ซึ่งอาจเป็นเพราะแรงยึดเหนี่ยวของแท่ง GFRP กับคอนกรีตมีผลต่อการรับแรง ซึ่งควรมีการวิจัยศึกษาเพิ่มเติม

5. การออกแบบให้คานวิบัติแบบ Tension Controlled มีความปลอดภัยน้อยกว่า Compression Controlled กล่าวคือ แท่ง GFRP ไม่มีกำลังดราก ซึ่งจะเกิดการวิบัติแบบทันที ดังนั้นจากการทดสอบเมื่อคานตัวอย่างวิบัติแบบ Tension Controlled คานตัวอย่างจะหักทันทีซึ่งเป็นอันตรายอย่างมาก แต่การวิบัติแบบ Compression Controlled คานยังสามารถคงรูปอยู่ได้ และสามารถเห็นรอยร้าวเมื่อเกิดการแอ่นตัวที่ผิดปกติ

6. ไม่ควรเทียบเท่าขนาดของเหล็กเสริมเปลี่ยนเป็นขนาดของแท่ง GFRP ในขนาดที่เท่ากัน ซึ่งควรออกแบบตามมาตรฐาน เพราะแท่ง GFRP ออกแบบโดยใช้กำลังประลัย ซึ่งควรมีการวิจัยศึกษาเพิ่มเติม

7. การนำแท่ง GFRP ไปประยุกต์ใช้งานจริง สามารถนำไปใช้กับโครงสร้างที่ต้องการความทนทานต่อการกัดกร่อนสูง หรือโครงสร้างที่มีการสัมผัสกับพื้นดิน เช่น โครงสร้างริมทะเล ฐานราก คานคอดิน ถนน โดยข้อดีคือการไม่เป็นสนิมและน้ำหนักเบา ทั้งนี้ การนำไปใช้งานก็มีข้อจำกัดเพราะแท่ง GFRP สามารถผลิตได้ตามความยาวที่กำหนดและต้องดัดงอมาจากโรงงานผลิตเท่านั้น ไม่สามารถนำมาดัดงอภายหลังได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และเพื่อนนิสิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์สุพรรณบุรี) ที่สนับสนุนให้คำปรึกษาและการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2566). คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย พ.ศ.2566. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พอลิเมอร์เสริมเส้นใยสำหรับงานโครงสร้างคอนกรีตไม่อัดแรง. มอก.2973-2562.

A. C. Manalo et al. (2020). Fiber-Reinforced Polymer Bars for Concrete Structures: State-of-the-Practice in Australia. J. Compos. Constr., (2021). 25(1):05020007.

ACI (American Concrete Institute). 2012. Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Reinforcing or Strengthening Concrete and Masonry Structures (ACI-440.3R-12). Farmington Hills, MI 48331.

ACI (American Concrete Institute). 2015. Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars (ACI-440.1R15). Farmington Hills, MI 48331.

ACI (American Concrete Institute). 2023. Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP) Bars-Code and Commentary (ACI CODE-440.11-22). Farmington Hills, MI 48331.

ASTM D7205/D7205M-06. Standard Test Method for Tensile Properties of Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite Bars, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.

Douglas Tomlinson et al. (2015). Performance of Concrete Beams Reinforced with Basalt for Flexure and Shear. J. Compos. Constr., (2015). 19(2):04014036.

Ibrahim M. Metwally (2017). Three-dimensional nonlinear finite element analysis of concrete deep beam reinforced with GFRP bars. HBRC Journal (2017). 13. 25-38

Tao Wu et al. (2019). Flexural Behavior of Steel Fiber-Reinforced Lightweight Aggregate Concrete Beams Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer Bars. J. Compos. Constr., (2019). 23(2):04018081.

Yasin Esmaeilli et al. (2020). Performance of GFRP-Reinforced Concrete Beams Subjected to High-Sustained Load and Natural Aging for 10 Years. J. Compos. Constr., (2020). 24(5):04020054.

Zorislav Soric et al. (2010). Deflections of concrete beams reinforced with FRP bars. Materials and Structures (2010). 43:73–90.

การรับแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมแรงที่ใช้การเสริมปลอกด้วยแท่ง GFRP

Shear behavior of concrete beams with GFRP bar stirrup reinforcement

เอกชัย พุ่มพุทรา[1*], ณัฐวุฒิ อินทบุตร[1] และ ประพันธ์ วัฒนาเดชาชาญ[2]

Ekachai Pumputsa[1*], Nuttawut Intaboot[1] และ Prapun Wattanadechachan[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมแรงที่ใช้การเสริมปลอกด้วยแท่ง GFRP โดยการนำแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer, GFRP) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. เสริมปลอกในคานคอนกรีตขนาด 0.15X0.30X2.25 ม. จำนวน 4 คานตัวอย่าง ที่ระยะเรียง 65 มม. 130 มม. และ 260 มม. จะพบว่าคานตัวอย่างที่เสริมปลอกในระยะเรียง 65 มม. สามารถรับน้ำหนักกดสูงสุดมากกว่าคานที่เสริมปลอกในระยะเรียง 130 มม. และ 260 มม. ประมาณร้อยละ 8.86 และ 32.31 ตามลำดับ และมีระยะแอ่นตัวที่กึ่งกลางคานมากกว่าด้วยเช่นกัน จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน แสดงให้เห็นว่าระยะเรียงของปลอกเสริมที่น้อย จำนวนของปลอก GFRP ที่มากขึ้นสามารถรับแรงเฉือนได้ดีขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขนาดของแท่ง GFRP ในแนวแกนสามารถรับกำลังแรงเฉือนเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการนำแท่ง GFRP มาใช้เสริมปลอกสามารถรับแรงเฉือนได้ สอดคล้องกับการออกแบบตามมาตรฐาน ACI 440.1R-15.

คำสำคัญ: แรงเฉือน, ปลอกพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว, คานคอนกรีตเสริมแรง

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

[2] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10170

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi, 72130

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Bangkokthonburi University, Bangkok, 10170

*Corresponding author : ekachai13102531@gmail.com

Abstract

This study investigates the shear behavior of concrete beams with GFRP bar stirrup reinforcement. The glass fiber reinforced polymer (GFRP) bars 9 mm are used. Four concrete beam specimens sizing 0.15 × 0.30 × 2.25 m were provided with stirrups spacing at 65 mm, 130 mm, and 260 mm. The results showed that beams with stirrups spacing at 65 mm could carry a maximum load approximately 8.86% and 32.31% higher than those with stirrups spaced at 130 mm and 260 mm, respectively, and also exhibited greater mid-span deflection. The relationship between applied load and beam deflection indicated that closer stirrup spacing, with a higher number of GFRP stirrups, improves shear resistance. Furthermore, increasing the size of the longitudinal GFRP bars further enhances the shear capacity. Therefore, using GFRP bars as stirrup reinforcement can effectively resist shear in accordance with the design provisions of ACI 440.1R-15.

Keywords: Shear force, Glass fiber reinforced polymer stirrups, Reinforced concrete beams

บทนำ

โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นโครงสร้างที่นิยมอย่างแพร่หลาย ใช้กันมาอย่างยาวนาน เพราะเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรง มีความคงทน หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดและราคาถูก แต่การใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น ยังมีปัจจัยเสี่ยงและมีผลกระทบต่อโครงสร้าง เนื่องจากอาจได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม และภูมิประเทศที่แตกต่างกันออกไป จึงทำให้ต้องมีข้อกำหนดของวัสดุ การออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุสอดคล้องกับการใช้งาน ทนต่อสภาพแวดล้อมและภูมิประเทศนั้น ๆ ประเทศไทยของเราก็นิยมใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ในทางวิศวกรรมโครงสร้างที่เสริมด้วยเหล็กก็ยังมีปัจจัยที่ทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหาย เนื่องจากเหล็กที่นำมาใช้สัมผัสกับน้ำหรือความชื้นแล้ว จะทำปฏิกิริยาทำให้เกิดสนิม ทำให้เหล็กนั้นเสื่อมสภาพ เกิดการสึกกร่อน ไม่สามารถรับกำลังทั้งแรงดัด แรงดึง แรงเฉือน ของโครงสร้างดังกล่าว อาจก่อให้เกิดการแตกร้าว หลุดร่อนของคอนกรีต โดยเฉพาะโครงสร้างที่อยู่ในทะเลหรืออยู่บริเวณติดชายฝั่งทะเลที่เกิดปัญหาดังกล่าว

เดิมทีการป้องกันการกัดกร่อนเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในสภาพแวดล้อมทะเล ทำโดย

การเคลือบอีพ็อกซีที่ผิวเหล็กเสริม ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดและไม่มีทางเลือกอื่น ต่อมาปี ค.ศ. 1970 ในสหรัฐอเมริกาเริ่มมีการวิจัยพัฒนาวัสดุทดแทนเหล็กเสริมและหลาย ๆ ประเทศเริ่มให้ความสนใจเกี่ยวกับวัสดุทดแทน และวัสดุที่นำมาวิจัยพัฒนา คือ แท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย (Fiber Reinforced Polymer, FRP) ซึ่งใช้เส้นใยที่กำลังแรงดึงสูงเป็นวัสดุหลักในการรับแรง ชนิดของเส้นใยที่มีความนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีหลายประเภท เช่น เส้นใยอะรามิด (Aramid Fiber) เส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber) และเส้นใยแก้ว (Glass Fiber) มีการออกแบบกำหนดมาตรฐานและข้อจำกัดในการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาวิจัยเรื่องความสามารถในการทนความร้อนอีกด้วย ซึ่งมีการใช้งานในโครงสร้างต่าง ๆ เช่น เขื่อนกันคลื่นในทะเล ลานบินของสนามบิน ถนนคอนกรีต และปัจจุบันมีคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย [1] – [7]

จากการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยให้ความสนใจในวัสดุพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer, GFRP) มาเป็นวัสดุทางเลือกใหม่สำหรับใช้เสริมปลอกแทนปลอกเหล็กในโครงสร้างคานคอนกรีตเพื่อเสริมรับแรงเฉือน เนื่องจากแท่ง GFRP มีคุณสมบัติ ไม่เกิดสนิม ไม่ผุกร่อน มีความต้านทานแรงดึงตามแนวยาวสูง มีความทนทานต่อการล้าสูง น้ำหนักเบา [7] และผ่านกระบวนการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [8] เพื่อเป็นวัสดุทางเลือกใหม่ในการป้องกันการเกิดสนิมในโครงสร้างและเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยสำหรับผู้ที่สนใจวัสดุทดแทนต่อไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษากำลังรับแรงเฉือนของแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass fiber reinforced polymer, GFRP) ที่มีขนาดต่างกัน

2. เพื่อศึกษาการคำนวณออกแบบการเสริมปลอกด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass fiber reinforced polymer, GFRP) ที่รับแรงเฉือนตามมาตรฐาน ACI 440.1R-15

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ อ้างอิงจากมาตรฐาน American Concrete Institute (ACI) [1] และวัสดุที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [8] สำหรับวิธีการดำเนินการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. เลือกใช้วัสดุแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass fiber reinforced polymer, GFRP) [8] ประกอบด้วยแท่งเส้นตรงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 และ 15 มม. (ดังแสดงในรูปที่ 1 ก) และปลอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. (ดังแสดงในรูปที่ 1 ข)



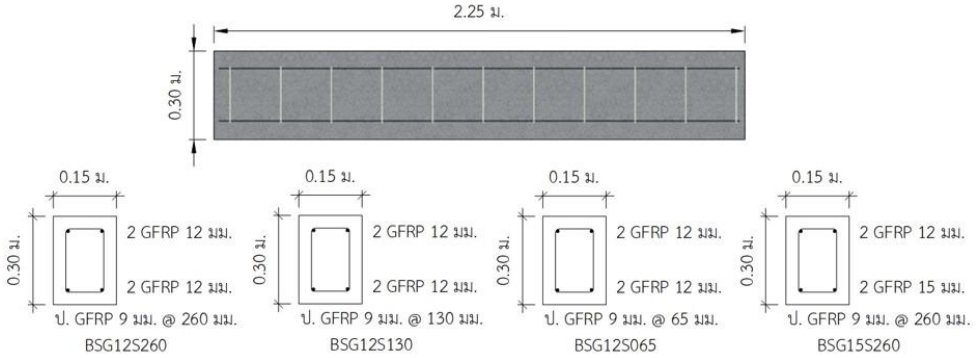
(ก) (ข)

รูปที่ 1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา (ก) แท่ง GFRP (ข) ปลอก GFRP

2. การคำนวณออกแบบคานคอนกรีตโดยการกำหนดอัตราส่วนของคานคอนกรีต คือ d, d/2, d/4 ออกแบบตามมาตรฐาน American Concrete Institute (ACI) [1] ใช้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตผสมเสร็จมีค่าเท่ากับ 30 MPa. [9] และคานที่ใช้ในงานวิจัยเป็นคานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 0.15 ม. สูง 0.30 ม. ยาว 2.25 ม. จำนวน 4 คาน ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น คานที่ (1) BSG12S260 วัสดุแกนด้านบนรับแรงดัดใช้แท่ง GFRP ขนาด 12 มม. จำนวน 2 เส้น วัสดุแกนด้านล่างรับแรงดึงใช้แท่ง GFRP ขนาด 12 มม. จำนวน 2 เส้น และปลอกใช้แท่ง GFRP ขนาด 9 มม. ระยะเรียง 260 มม. คานที่ (2) BSG12S130 วัสดุแกนด้านบนรับแรงดัดใช้แท่ง GFRP ขนาด 12 มม. จำนวน 2 เส้น วัสดุแกนด้านล่างรับแรงดึงใช้แท่ง GFRP ขนาด 12 มม. จำนวน 2 เส้น และปลอกใช้แท่ง GFRP ขนาด 9 มม. ระยะเรียง 130 มม. คานที่ (3) BSG12S065 วัสดุแกนด้านบนรับแรงดัดใช้แท่ง GFRP ขนาด 12 มม. จำนวน 2 เส้น วัสดุแกนด้านล่างรับแรงดึงใช้แท่ง GFRP ขนาด 12 มม. จำนวน 2 เส้น และปลอกใช้แท่ง GFRP ขนาด 9 มม. ระยะเรียง 65 มม. และคานที่ (4) BSG15S260 วัสดุแกนด้านบนรับแรงดัดใช้แท่ง GFRP ขนาด 12 มม. จำนวน 2 เส้น วัสดุแกนด้านล่างรับแรงดึงใช้แท่ง GFRP ขนาด 15 มม. จำนวน 2 เส้น และปลอกใช้แท่ง GFRP ขนาด 9 มม. ระยะเรียง 260 มม. (รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1) และการเสริมแท่ง GFRP (ดังแสดงในรูปที่ 2)

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดคานคอนกรีตเสริมแท่ง GFRP ที่ใช้ในการทดสอบ

ลำดับ	สัญลักษณ์	ขนาดหน้าตัด (ม.)	ความยาว (ม.)	แท่ง GFRP ด้านบน (รับแรงอัด)	แท่ง GFRP ด้านล่าง (รับแรงดึง)	ปลอก GFRP	ระยะเรียงปลอก (มม.)
1	BSG12S260	0.15x0.30	2.25	2–12 มม.	2–12 มม.	9 มม.	260
2	BSG12S130	0.15x0.30	2.25	2–12 มม.	2–12 มม.	9 มม.	130
3	BSG12S065	0.15x0.30	2.25	2–12 มม.	2–12 มม.	9 มม.	65
4	BSG15S260	0.15x0.30	2.25	2–12 มม.	2–15 มม.	9 มม.	260



รูปที่ 2 ขนาดคานและการเสริมแท่ง GFRP

3. การจัดเตรียมคานตัวอย่าง

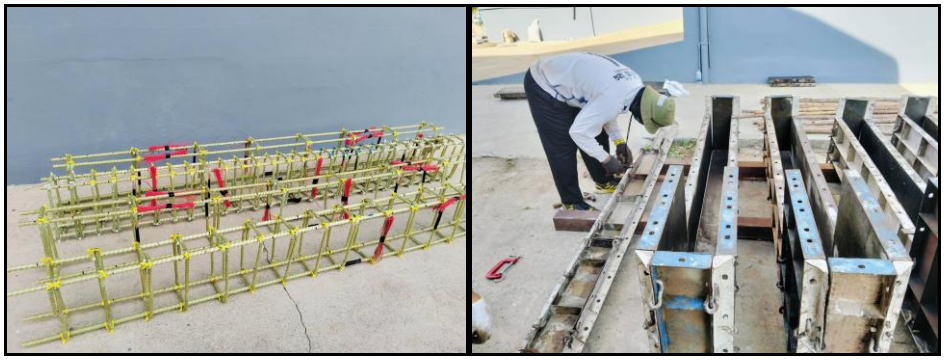
3.1 การจัดเตรียมอุปกรณ์ และบ่มคานตัวอย่าง

3.1.1 นำแท่ง GFRP มาประกอบเป็นเหล็กเสริมภายในคานคอนกรีตตามรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 1 และ รูปที่ 2 จำนวน 4 ตัวอย่าง ตามแบบที่กำหนด (ดังแสดงในรูปที่ 3 ก)

3.1.2 ปรับพื้นที่และทำการประกอบแบบเหล็กขนาด 0.15X0.30X2.25 ม. จำนวน 4 คานตัวอย่าง ตามแบบที่กำหนด (ดังแสดงในรูปที่ 3 ข)

3.1.3 ติดตั้งคานแท่ง GFRP ลงในแบบเหล็กให้เรียบร้อย ปรับระดับคานให้ได้ตามแนวที่กำหนด และยึดให้อยู่ในตำแหน่งคงที่ จากนั้นทำการเทคอนกรีตตามแบบที่กำหนด (ดังแสดงในรูปที่ 4 ก)

3.1.4 แกะแบบคานตัวอย่างออกจากแบบเหล็ก จากนั้นทำการบ่มคานตัวอย่างโดยใช้พลาสติกพันรอบคานและรดน้ำให้ชุ่มอย่างสม่ำเสมอ จนคานมีอายุครบ 28 วัน ก่อนนำไปทดสอบ (ดังแสดงในรูปที่ 4 ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 3 การเตรียมคานตัวอย่าง (ก) ประกอบคานแท่ง GFRP (ข) ประกอบแบบเหล็ก



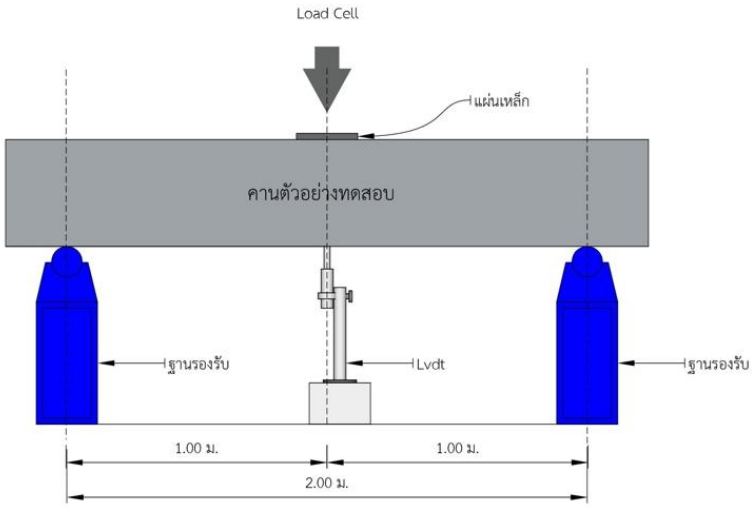
(ก) (ข)

รูปที่ 4 การเตรียมคานตัวอย่าง (ก) ติดตั้งคานแท่ง GFRP (ข) บ่มคานตัวอย่าง

4. การทดสอบคานตัวอย่าง

4.1 จัดเตรียมห้องทดสอบและอุปกรณ์ทดสอบ ประกอบด้วยเครื่องทดสอบ Data Logger และ LVDT (Linear Variable Differential Transformer)

4.2 การทดสอบคานคอนกรีตเสริมแท่ง GFRP ในงานวิจัยนี้ดำเนินการตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASTM [10] โดยใช้วิธีการรับน้ำหนักแบบจุดเดียวที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน (Center–Point Loading Test) คานตัวอย่างถูกติดตั้งบนฐานรองรับสองด้านที่มีระยะช่วงพาดระหว่างจุดรองรับเท่ากับ 2.00 ม. บริเวณกึ่งกลางใต้ท้องคานติดตั้ง LVDT เพื่อวัดค่าการแอ่นตัว (deflection) ของคานอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบ ขณะที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนติดตั้ง Load Cell สำหรับวัดค่าแรงที่กระทำ โดยมีแผ่นเหล็กรองรับระหว่างหัวกดและผิวคานเพื่อกระจายแรงกดอย่างสม่ำเสมอ แรงที่กระทำกับคานตัวอย่างถูกควบคุมด้วยเครื่องทดสอบและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติผ่าน Data Logger เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการเพิ่มของแรงและบันทึกค่าแรงที่กระทำ รวมถึงค่าการแอ่นตัวได้แบบต่อเนื่อง สำหรับการติดตั้งคานตัวอย่าง ระยะฐานรองรับและตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (ดังแสดงในรูปที่ 5)

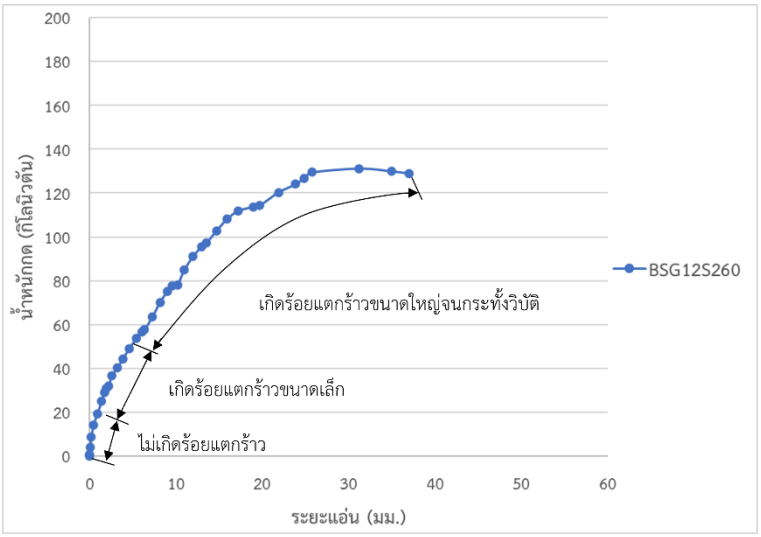


รูปที่ 5 การติดตั้งคานตัวอย่างทดสอบ

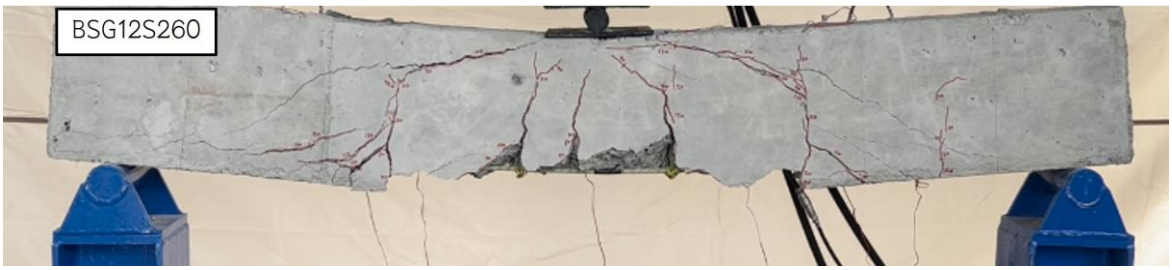
หมายเหตุ: การทดสอบนี้ดำเนินการโดยอิงตามมาตรฐาน ASTM C293/C293–16 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับข้อมูลจากงานวิจัยก่อนหน้า ซึ่งปัจจุบันมาตรฐานดังกล่าวถูกถอนออกแล้ว แต่ผลการทดสอบยังถือว่าถูกต้องสำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ สำหรับการทดสอบคานคอนกรีตในอนาคต แนะนำให้ใช้ ASTM C78/C78M หรือมาตรฐานปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบคานคอนกรีต

ผลการทดสอบและวิจารณ์

ผลการทดสอบคานตัวอย่าง BSG12S260 ที่เสริมปลอกระยะเรียง 260 มิลลิเมตร พบว่า เมื่อน้ำหนักกดน้อยกว่า 20 กิโลนิวตัน ไม่มีรอยแตกร้าวเกิดขึ้น เมื่อน้ำหนักกดอยู่ระหว่าง 20 กิโลนิวตัน และ 50 กิโลนิวตัน จะเริ่มสังเกตเห็นการแตกร้าวเป็นแนวเส้นทแยงขนาดเล็กเกิดขึ้นบริเวณช่วงกลางคาน เมื่อน้ำหนักกดมากกว่า 90 กิโลนิวตัน สามารถมองเห็นรอยร้าวแนวเส้นทแยงเฉือนขนาดใหญ่เกิดขึ้นทั้งสองด้านและขยายตัวเป็นแนวยาวจนกระทั่งคานวิบัติ และคานสามารถรับน้ำหนักกดสูงสุดเท่ากับ 130 กิโลนิวตัน ที่ระยะแอ่นตัวกึ่งกลางคาน 31 มิลลิเมตร ทั้งนี้คาน BSG12S260 วิบัติแบบ Shear failure โดยเกิดจากรอยแตกร้าวแนวเส้นทแยงเฉือนขนาดใหญ่บริเวณผิวหน้าของคอนกรีตเกิดการหลุดเสียรูปทั้งสองด้าน และส่วนใต้ท้องคานมีเศษคอนกรีตหลุดหล่นเป็นจำนวนมาก มีช่องว่างขนาดใหญ่เกิดขึ้น น่าจะเกิดจากการบิดตัวของคานจนทำให้คอนกรีตไม่สามารถรับแรงได้ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน BSG12S260 และการวิบัติของคาน BSG12S260 (ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7) ตามลำดับ

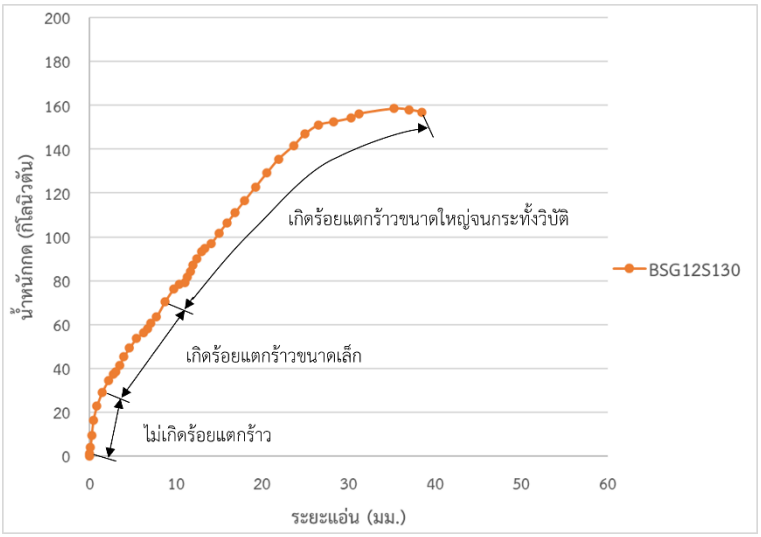


รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน BSG12S260

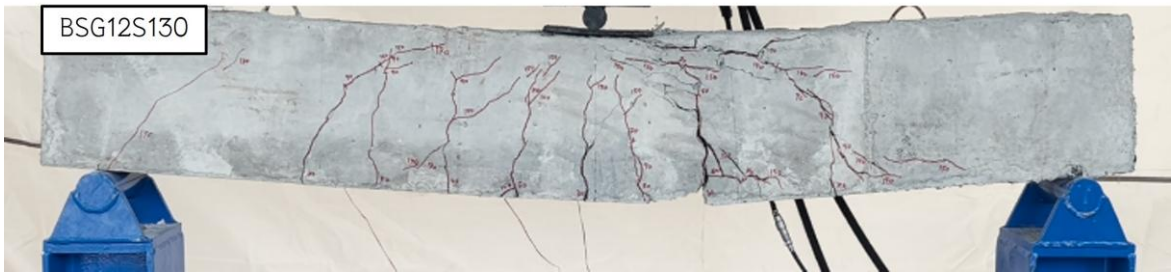


รูปที่ 7 การวิบัติของคาน BSG12S260

ผลการทดสอบคานตัวอย่าง BSG12S130 ที่เสริมปลอกระยะเรียง 130 มิลลิเมตร พบว่า เมื่อน้ำหนักกดน้อยกว่า 30 กิโลนิวตัน ไม่มีรอยแตกร้าวเกิดขึ้น เมื่อน้ำหนักกดอยู่ระหว่าง 30 กิโลนิวตัน และ 70 กิโลนิวตัน จะเริ่มสังเกตเห็นการแตกร้าวเป็นแนวเส้นทแยงขนาดเล็กบริเวณกึ่งกลางคานทั้งสองด้าน เมื่อน้ำหนักกดมากกว่า 110 กิโลนิวตัน สามารถมองเห็นรอยร้าวแนวเส้นทแยงขนาดใหญ่เกิดขึ้นและขยายตัวเป็นแนวยาวจากด้านล่างสู่ด้านบนจนกระทั่งคานวิบัติ และคานสามารถรับน้ำหนักกดสูงสุดเท่ากับ 158 กิโลนิวตัน ที่ระยะแอ่นตัวกึ่งกลางคาน 35 มิลลิเมตร ทั้งนี้คาน BSG12S130 วิบัติแบบ compression failure โดยส่วนบนบริเวณกึ่งกลางคานเกิดแตกร้าวของคอนกรีตน่าจะเกิดจากการอัดตัวจนทำให้คอนกรีตไม่สามารถรับแรงได้ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน BSG12S130 และการวิบัติของคาน BSG12S130 (ดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9) ตามลำดับ

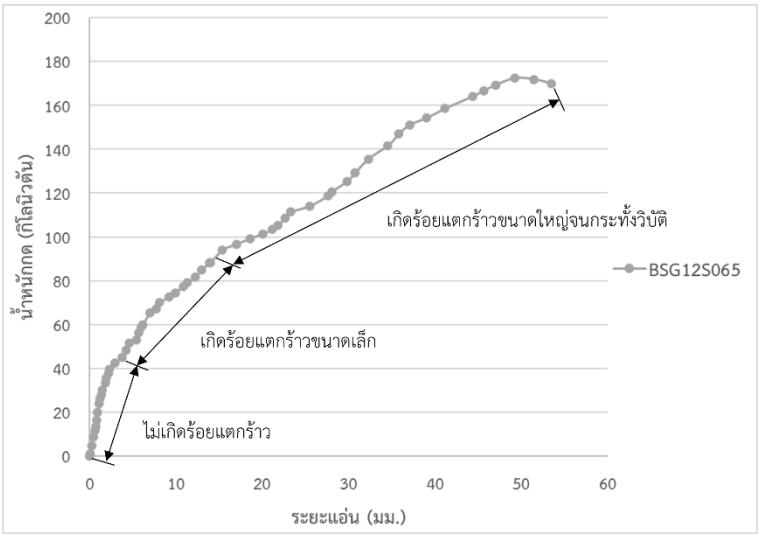


รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน BSG12S130

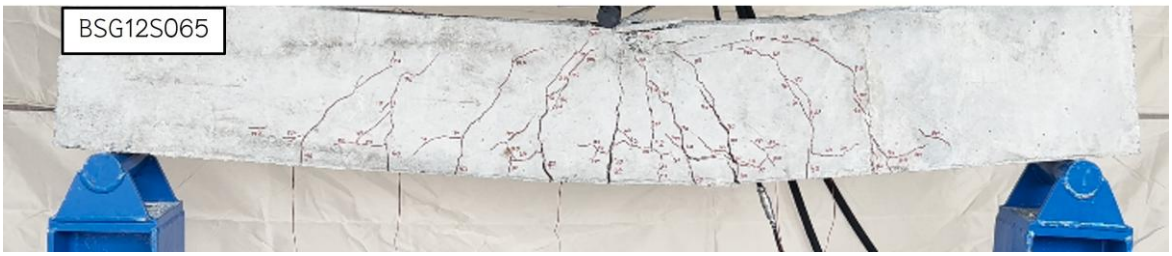


รูปที่ 9 การวิบัติของคาน BSG12S130

ผลการทดสอบคานตัวอย่าง BSG12S065 ที่เสริมปลอกระยะเรียง 65 มิลลิเมตร พบว่า เมื่อน้ำหนักกดน้อยกว่า 42 กิโลนิวตัน ไม่มีรอยแตกร้าวเกิดขึ้น เมื่อน้ำหนักกดอยู่ระหว่าง 42 กิโลนิวตัน และ 90 กิโลนิวตัน จะเริ่มสังเกตเห็นการแตกร้าวเป็นแนวเส้นทแยงขนาดเล็กเกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางคานทั้งสองด้าน เมื่อน้ำหนักกดมากกว่า 140 กิโลนิวตัน สามารถมองเห็นรอยร้าวแนวเส้นทแยงขนาดใหญ่เกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางคานและขยายตัวเป็นแนวยาวจากด้านล่างสู่ด้านบนจนกระทั่งคานวิบัติ และคานสามารถรับน้ำหนักกดสูงสุดเท่ากับ 172 กิโลนิวตัน ที่ระยะแอ่นตัวกึ่งกลางคาน 49 มิลลิเมตร ทั้งนี้คาน BSG12S065 วิบัติแบบ compression failure โดยส่วนบนเกิดการแตกของคอนกรีตบริเวณกึ่งกลางคาน น่าจะเกิดจากการอัดตัวจนทำให้คอนกรีตไม่สามารถรับแรงได้ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน BSG12S065 และการวิบัติของคาน BSG12S065 (ดังแสดงในรูปที่ 10 และ 11) ตามลำดับ

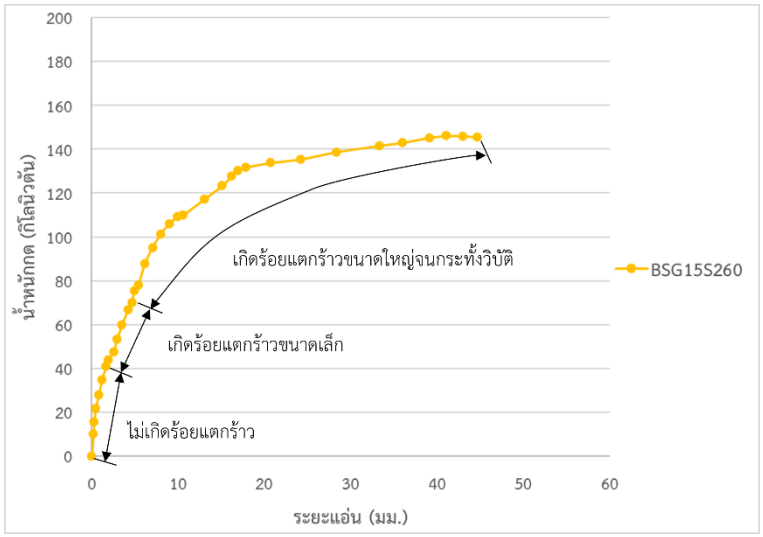


รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน BSG12S065

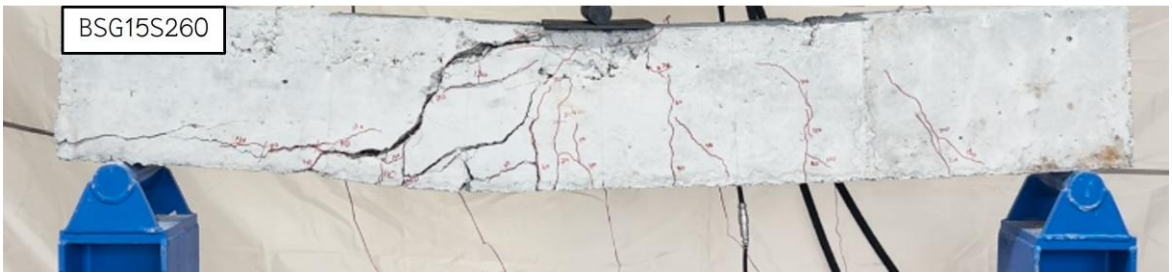


รูปที่ 11 การวิบัติของคาน BSG12S065

ผลการทดสอบคานตัวอย่าง BSG15S260 ที่เสริมปลอกระยะเรียง 260 มิลลิเมตร พบว่า เมื่อน้ำหนักกดน้อยกว่า 40 กิโลนิวตัน ไม่มีรอยแตกร้าวเกิดขึ้น เมื่อน้ำหนักกดอยู่ระหว่าง 40 กิโลนิวตัน และ 70 กิโลนิวตัน จะเริ่มสังเกตเห็นการแตกร้าวเป็นแนวเส้นทแยงขนาดเล็กเกิดขึ้นบริเวณช่วงกลางคาน เมื่อน้ำหนักกดมากกว่า 110 กิโลนิวตัน สามารถมองเห็นรอยร้าวแนวเส้นทแยงขนาดใหญ่เพียงด้านเดียวและเริ่มขยายตัวเป็นแนวยาวจนกระทั่งคานวิบัติ และคานสามารถรับน้ำหนักกดสูงสุดเท่ากับ 146 กิโลนิวตัน ที่ระยะแอ่นตัวกึ่งกลางคาน 41 มิลลิเมตร ทั้งนี้คาน BSG15S260 วิบัติแบบ shear failure โดยเกิดจากรอยแตกร้าวแนวเส้นทแยงขนาดใหญ่บริเวณผิวหน้าบางส่วนของคอนกรีตเกิดการหลุดเสียรูปเพียงด้านเดียว สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน BSG15S260 และการวิบัติของคาน BSG15S260 (ดังแสดงในรูปที่ 12 และ 13) ตามลำดับ

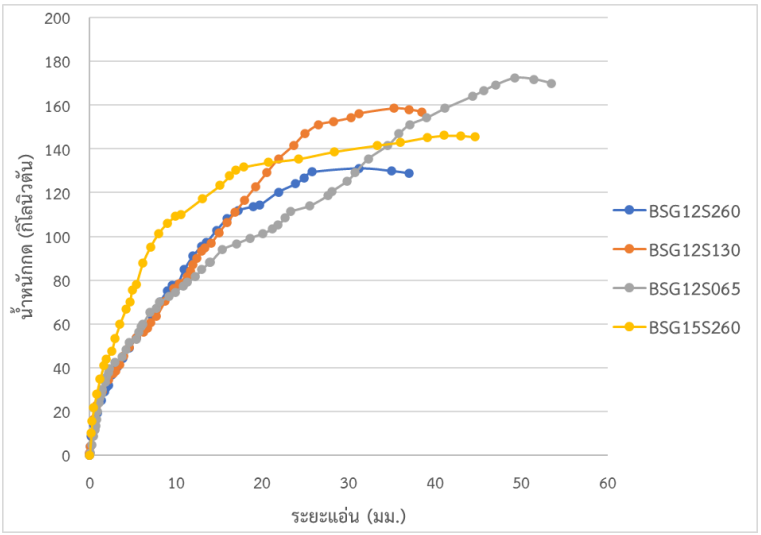


รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน BSG15S260



รูปที่ 13 การวิบัติของคาน BSG15S260

จากการทดสอบคานทั้ง 4 ตัวอย่างเปรียบเทียบการรับแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมแรงที่ใช้การเสริมปลอกด้วยแท่ง GFRP นั้น จะพบว่าคานที่เสริมปลอกในระยะเรียง 65 มิลลิเมตร สามารถรับน้ำหนักกดได้สูงสุดเท่ากับ 172 กิโลนิวตัน ส่วนคานที่เสริมปลอกในระยะเรียง 130 มิลลิเมตร สามารถรับน้ำหนักกดได้สูงสุดเท่ากับ 158 กิโลนิวตัน และคานที่เสริมปลอกในระยะเรียง 260 มิลลิเมตร สามารถรับน้ำหนักกดได้สูงสุดเท่ากับ 130 กิโลนิวตัน และ 146 กิโลนิวตัน แสดงให้เห็นว่าระยะเรียงของการเสริมปลอกที่น้อยและจำนวนของปลอกที่มากขึ้นสามารถรับแรงเฉือนได้ดีขึ้น ดังนั้นการนำแท่ง GFRP มาใช้เสริมปลอกสามารถรับแรงเฉือนได้ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน และรูปแบบการวิบัติของคานตัวอย่างทั้ง 4 คาน (ดังแสดงในรูปที่ 14 และ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2)



รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน

ตารางที่ 2 รูปแบบการวิบัติของคาน

ลำดับ	สัญลักษณ์	น้ำหนักกดสูงสุด (กิโลนิวตัน)	ระยะการแอ่นตัว (มิลลิเมตร)	รูปแบบการวิบัติ	ลักษณะการแตกร้าว
1	BSG12S260	130	31	Shear failure	แนวเส้นทแยงเฉือน
2	BSG12S130	158	35	Compression failure	แนวเส้นทแยง
3	BSG12S065	172	49	Compression failure	แนวเส้นทแยง
4	BSG15S260	146	41	Shear failure	แนวเส้นทแยงเฉือน

สรุปผลและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาการรับแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมแรงที่ใช้การเสริมปลอกด้วยแท่ง GFRP สามารถสรุปได้ดังนี้

คาน BSG12S260 ที่เสริมปลอกในระยะเรียง 260 มม. เมื่อเทียบกับคาน BSG12S130 ที่เสริมปลอกในระยะเรียง 130 มม. และคาน BSG12S065 ที่เสริมปลอกในระยะเรียง 65 มม. พบว่าคาน BSG12S260 นี้มีความสามารถในการรับน้ำหนักกดสูงสุดได้ต่ำที่สุด คานเกิดการวิบัติแบบ shear failure โดยคานเกิดรอยแตกร้าวเป็นแนวเส้นทแยงเฉือนขนาดใหญ่เกิดขึ้นทั้งสองด้านจนกระทั่งคานวิบัติ แสดงถึงการกระจายตัวของแรงเฉือนที่ไม่สมดุลในช่วงก่อนการวิบัติ ภายหลังคานวิบัติพบว่าคอนกรีตใต้ท้องคานหลุดร่อนออกบางส่วน ทั้งนี้การรับแรงได้ต่ำเนื่องจากระยะห่างของปลอกเสริมมากเกินไป ทำให้การยึดเกาะและการถ่ายแรงระหว่างคอนกรีตกับปลอกเสริมไม่เพียงพอ ส่งผลให้กลไกการรับแรงเฉือนของคานทำงานได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นคานที่เสริมปลอกในระยะเรียง 260 มม. จึงไม่เหมาะสมและไม่ควรนำมาใช้ในงานก่อสร้างอาคารที่มีแรงกระทำสูงๆ อย่างไรก็ตามได้มีข้อกำหนดการออกแบบระยะห่างสูงสุดของปลอกในแนวตั้งให้มีค่าต่ำกว่า d/2 หรือ 600 mm (ใช้ค่าน้อย) ขีดจำกัดนี้ทำให้แน่ใจว่ารอยแตกร้าวเนื่องจากแต่ละรอยจะมีปลอกรองรับอย่างน้อย 1 ปลอกเสมอ [7]

คาน BSG12S130 ที่เสริมปลอกในระยะเรียง 130 มม. พบว่ามีความสามารถรับน้ำหนักกดสูงสุดได้มากกว่าคาน BSG12S260 ประมาณร้อยละ 20.61 โดยคานเกิดการวิบัติแบบ compression failure ซึ่งสามารถมองเห็นรอยร้าวแนวเส้นทแยงขนาดใหญ่เกิดขึ้นแล้วขยายตัวเป็นแนวยาวจากด้านล่างสู่ด้านบน จนกระทั่งคานวิบัติ ภายหลังการวิบัติพบว่ามีคอนกรีตใต้ท้องคานหลุดร่อนออกบางส่วน นอกจากนี้คาน BSG12S130 ยังมีความสามารถในการรับแรงเฉือนได้มากกว่าคาน BSG12S260 เนื่องจากระยะห่างของปลอกเสริมอยู่ในระยะของ d/2 ทำให้การยึดเกาะและการถ่ายแรงอัดระหว่างคอนกรีตกับปลอกเสริมมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้กลไกการรับแรงเฉือนของคานทำงานได้อย่างดีขึ้น ดังนั้นคานที่เสริมปลอกในระยะเรียง 130 มม. จึงถือว่าเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้ ยกตัวอย่าง เช่น กำแพงกันคลื่น อาคารชลประทานขนาดเล็ก

คาน BSG12S065 ที่เสริมปลอกในระยะเรียง 65 มม. เมื่อเทียบกับคาน BSG12S130 ที่เสริมปลอกในระยะเรียง 130 มม. และคาน BSG12S260 ที่เสริมปลอกในระยะเรียง 260 มม. พบว่าคานรับน้ำหนักกดได้สูงสุด โดยมีค่ามากกว่าประมาณร้อยละ 8.86 และ 32.31 ตามลำดับ อีกทั้งคานยังมีระยะแอ่นตัวที่กึ่งกลางคานมากกว่าด้วยเช่นกัน คานเกิดการวิบัติแบบ compression failure ซึ่งสังเกตได้จากรอยแตกร้าวแนวเส้นทแยงขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางคานทั้งสองด้าน ส่วนการแตกร้าวของคอนกรีตบริเวณส่วนบนของคาน เกิดจากแรงอัดที่เพิ่มสูงขึ้นจนคอนกรีตไม่สามารถรับกำลังได้ และคาน BSG12S065 ยังมีความสามารถในการรับแรงเฉือนได้สูงที่สุด เนื่องจากระยะของปลอกเสริมอยู่ในระยะที่ต่ำกว่า d/2 ทำให้การยึดเกาะและการถ่ายแรงอัดระหว่างคอนกรีตกับปลอกเสริมมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้กลไกการรับแรงเฉือนของคานทำงานได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้สามารถรับกำลังของแรงเฉือนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับคานทั้งหมดดังนั้น คานที่เสริมปลอกในระยะเรียง 65 มม. จึงเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างอาคารได้ ยกตัวอย่างเช่น คานคอดินบ้านพักอาศัยชั้นเดียว คานสะพานชายฝั่งทะเล

คาน BSG15S260 ที่เสริมปลอกในระยะเรียง 260 มม. พบว่าสามารถรับน้ำหนักกดสูงสุดได้มากกว่าคาน BSG12S260 ประมาณร้อยละ 11.45 และมีระยะแอ่นตัวที่กึ่งกลางคานมากกว่า ทั้งนี้คานเกิดการวิบัติแบบ shear failure โดยปรากฏรอยแตกร้าวแนวเส้นทแยงขนาดใหญ่และบริเวณผิวหน้าบางส่วนของคอนกรีตเกิดการหลุดร่อนและเสียรูปเพียงด้านเดียว แสดงถึงการกระจายตัวของแรงเฉือนที่ไม่สมดุลในช่วงก่อนการวิบัติ ปัจจัยที่ทำให้คานมีความสามารถในการต้านทานแรงเฉือนต่ำ คือระยะห่างของปลอกเสริมมีมากเกินไป ทำให้การยึดเกาะและการถ่ายแรงอัดระหว่างคอนกรีตกับปลอก GFRP ไม่เพียงพอ ส่งผลให้กลไกการรับแรงเฉือนของคานทำงานได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นคานที่เสริมปลอกในระยะเรียง 260 มม. จึงมีความสามารถในการรับแรงเฉือนต่ำและไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานก่อสร้างอาคาร

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบที่มีระยะเรียงของปลอกเสริมที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าคานที่มีระยะเรียงของปลอกเสริมที่น้อยกว่าและจำนวนของปลอกเสริมที่มากขึ้น สามารถรับแรงเฉือนได้ดีขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขนาดของแท่ง GFRP ในแนวแกนสามารถรับกำลังแรงเฉือนเพิ่มขึ้นอีกด้วย ข้อสรุปดังกล่าวสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกดและระยะแอ่นของคาน รวมถึงรูปแบบการวิบัติของคานทั้ง 4 ตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบ

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาการรับแรงเฉือนของคานคอนกรีตเสริมแรงที่ใช้การเสริมปลอกด้วยแท่ง GFRP ที่เป็นคานต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์สุพรรณบุรี) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และสนับสนุนอุปกรณ์การทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ACI Committee 440. Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) bars (ACI 440.1R-15). Farmington Hills, MI: American Concrete Institute; 2015.
2. Karam Mahmoud, Ehab El-Salakawy. Shear strength of gfrp-reinforced concrete continuous beams with minimum transverse reinforcement. J. Compos. Constr. 2014; 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000406: 04013018-11.
3. Karam Mahmoud, Ehab El-Salakawy. Effect of transverse reinforcement ratio on the shear strength of gfrp-rc continuous beams. J. Compos. Constr. 2015; 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000583, 04015023-12.
4. Aikaterini S. Genikomsou, Georgios P. Balomenos, Paulina Arczewska, Maria A. Polak. Transverse shear testing of gfrp bars with reduced cross sections. J. Compos. Constr. 2018; 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000880, 22(5):04018041-9.
5. I. C. Rosa, T. Morgado, j. R. Correia, J. P. Firmo, N. Silvestre. Shear behavior of gfrp composite materials at elevated temperature. J. Compos. Constr. 2018; 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000839, 22(3):04018010-9.
6. S. Cholostiakow, M. Di Benedetti, K. Pilakoutas, E. Zappa, M. Guadagnini. Experimental analysis of shear resisting mechanisms in frp rc beams with shear reinforcement. J. Compos. Constr. 2020; 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.00001046, 24(5):04020037-15.
7. คณะกรรมการจัดทำคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมด้วยแท่งพอลิเมอร์เสริมเส้นใย พ.ศ. 2566. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567.
8. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มอก. 2973-2562. พอลิเมอร์เสริม
9. เส้นใย สำหรับงานโครงสร้างคอนกรีตไม่อัดแรง, Fiber-Reinforced Polymers For Non-Prestressed Concrete Structures. กรุงเทพมหานคร: สมอ.; 2562.
10. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มอก. 213-2560. คอนกรีตผสมเสร็จ, Ready-Mixed Concrete. กรุงเทพมหานคร: สมอ.; 2560.
11. ASTM International. ASTM C 293/C293M-16. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading). USA.; 2016.

การเปรียบเทียบการโก่งตัวและการกระจายความเค้นของคานคอนกรีตเสริมเหล็กและคานคอนกรีตเสริม GFRP ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Comparison of Deflection and Stress Distribution of RC Beams and GFRP–Reinforced Concrete Beams Using Finite Element Method

กฤษนันท์ โหราเรือง[1*] ณัฐวุฒิ อินทบุตร[1] สงกรานต์ อินถานะ[1] และ บัณฑิต สำเนียงเพราะ[1]

Kitsanan Horarueang[1*], Nattawut Inthabut[1], Songkran Inthana[1] and Bundit Sumniangpho[1]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพบว่าการกัดกร่อนของเหล็กเสริมเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อความทนทานและอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก วัสดุทางเลือกอย่างพอลีเมอร์เสริมใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer) จึงได้รับความสนใจเนื่องจากมีความทนทานต่อการกัดกร่อนสูง อย่างไรก็ตาม วัสดุชนิดนี้มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งอาจทำให้คานมีความแข็งเกร็งลดลงและเกิดการโก่งตัวในสภาวะใช้งาน จากการค้นคว้าข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน พบว่ายังไม่ค่อยมีการศึกษาที่ทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมระหว่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กและคานคอนกรีตเสริมพอลีเมอร์เสริมใยแก้วภายใต้ตัวแปรควบคุมเดียวกันอย่างเป็นระบบ ทำให้ยังไม่สามารถประเมินอิทธิพลของค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่อพฤติกรรมเชิงดัดได้อย่างชัดเจน งานวิจัยนี้จึงมุ่งประเมินพฤติกรรมการรับแรงดัดของคานทั้งสองชนิดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ผ่านโปรแกรม ANSYS Workbench (Student Version) ภายใต้กรอบการวิเคราะห์เชิงเส้น โดยตั้งสมมติฐานว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ต่ำจะลดความแข็งดัดอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการวิเคราะห์สนับสนุนสมมติฐานดังกล่าว โดยพบว่าคานคอนกรีตเสริมพอลีเมอร์เสริมใยแก้วมีค่าการโก่งตัวสูงสุดมากกว่าคานคอนกรีตเสริมเหล็กถึงร้อยละ 19.93 และมีค่า von–Mises Stress ในโซนอัดสูงกว่าร้อยละ 17.9 ซึ่งสะท้อนการขยับตัวของเส้นใยสะเทิน (Neutral Axis Shift) อันเกิดจากความแข็งเกร็งดัดที่ลดลง นอกจากนี้ แรงแกนดึงสูงสุดในเหล็กเสริมยังมากกว่าวัสดุพอลีเมอร์เสริมใยแก้วถึง 4.3 เท่า

คำสำคัญ: คานคอนกรีตเสริมเหล็ก, GFRP, การโก่งตัว, ความเค้น, ไฟไนต์เอลิเมนต์

[1] ภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี 72130

[1] Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 72130

*Corresponding author: kitsanan0871631181p@gmail.com

Abstract

Corrosion of steel reinforcement is a major factor that reduces the durability and service life of reinforced concrete structures. As a result, Glass Fiber Reinforced Polymer has gained significant attention as an alternative reinforcement material due to its excellent corrosion resistance. However, its relatively low modulus of elasticity may lead to reduced flexural stiffness and increased deflection under service conditions. A review of existing literature indicates that only limited studies have systematically compared the behavior of reinforced concrete beams and beams reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer under identical controlled parameters. This gap makes it difficult to clearly evaluate the influence of elastic modulus on flexural behavior. Therefore, this study aims to investigate and compare the flexural performance of both beam types using the Finite Element Method through ANSYS Workbench Student Version under a linear elastic analysis framework, with the hypothesis that the lower modulus of elasticity would significantly reduce flexural stiffness.

The analysis results support this hypothesis. The beam reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer exhibited a maximum midspan deflection 19.93 percent greater than that of the reinforced concrete beam, and the maximum compressive zone von–Mises stress was 17.9 percent higher, indicating a noticeable Neutral Axis Shift resulting from reduced flexural stiffness. In addition, the maximum axial tensile force in steel reinforcement was 4.3 times higher than that in the Glass Fiber Reinforced Polymer reinforcement. These results confirm that the modulus of elasticity is the governing parameter controlling flexural behavior in the elastic range.

Keywords: Finite Element Method (FEM), RC Beam, GFRP, Deflection, Von–mises Stress, Axial force

บทนำ

เหล็กเสริมในคอนกรีต (Reinforced Concrete: RC) เป็นวัสดุหลักที่ใช้ในงานโครงสร้างเนื่องจากมีความแข็งแรงสูงและเหมาะสมสำหรับการรับแรงดึง อย่างไรก็ตาม ข้อด้อยสำคัญคือการเกิดการกัดกร่อน ซึ่งส่งผลต่อความทนทานและอายุการใช้งานของโครงสร้าง โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง จึงเกิดความสนใจในการพัฒนาวัสดุเสริมแรงทางเลือกที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนมากกว่า หนึ่งในวัสดุที่ได้รับความสนใจคือพอลีเมอร์เสริมใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer: GFRP) ซึ่งไม่เกิดสนิม มีน้ำหนักเบา และมีกำลังรับแรงดึงสูง แต่มีข้อจำกัดสำคัญคือค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ต่ำกว่าเหล็กอย่างมาก ส่งผลให้ความแข็งเกร็งของคานลดลงและอาจเกิดการโก่งตัวเกินเกณฑ์สภาวะใช้งาน (Serviceability Limit State)

จากการทบทวนข้อมูลทางวิชาการพบว่า แม้จะมีการศึกษาพฤติกรรมของคานที่เสริมด้วย GFRP อยู่บ้าง แต่ส่วนใหญ่ยังไม่ได้ทำการเปรียบเทียบกับคาน RC ภายใต้ตัวแปรควบคุมเดียวกันอย่างเป็นระบบ ทั้งในด้านรูปแบบเรขาคณิต เงื่อนไขการรองรับ และสภาวะการรับแรงดัด ทำให้ยังไม่สามารถระบุผลกระทบของค่าคุณสมบัติของวัสดุโดยเฉพาะค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ต่อพฤติกรรมดัดได้อย่างชัดเจน ช่องว่างนี้สะท้อนถึงความจำเป็นในการศึกษาที่สามารถควบคุมตัวแปรทั้งหมดให้เหมือนกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบที่เชื่อถือได้สำหรับการออกแบบในงานจริง

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมของคาน RC และคาน FRPRC (Fiber Reinforced Polymer Reinforced Concrete) ในด้านค่าการโก่งตัวสูงสุด การกระจายความเค้นสมมูล (Equivalent Stress: von–Mises Stress) และแรงแกนดึงในวัสดุเสริมแรง โดยใช้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) ผ่านโปรแกรม ANSYS Workbench (Student Version) ภายใต้กรอบการวิเคราะห์แบบเชิงเส้น และทำการศึกษาในสภาวะ

การรับแรงดัดแบบ Third-Point Loading เพื่อทำความเข้าใจผลของความแตกต่างด้านโมดูลัสยืดหยุ่นต่อพฤติกรรมดัดในช่วงยืดหยุ่น และเพื่อสนับสนุนการประเมินความเหมาะสมของ GFRP ในงานออกแบบโครงสร้างที่ต้องการความทนทานและการควบคุมการโก่งตัว

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อประเมินความเหมาะสมของการใช้แท่งพอลีเมอร์เสริมใยแก้ว หรือ GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) แทนเหล็กเสริมในช่วงสภาวะใช้งาน หรือ SLS (Serviceability Limit State) โดยวิเคราะห์พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือ RC (Reinforced Concrete) เปรียบเทียบกับคานคอนกรีตเสริมพอลีเมอร์เสริมใยแก้ว หรือ FRPRC (Fiber Reinforced Polymer Reinforced Concrete) ด้วยแบบจำลองวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หรือ FEM (Finite Element Method) เชิงเส้นผ่านโปรแกรม ANSYS Workbench (Student Version) งานวิจัยมุ่งเน้นการเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวสูงสุด ความเค้นสมมูล หรือ von-Mises Stress และแรงแกนดึง เพื่อประเมินอิทธิพลของค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่อพฤติกรรมดัดและความเหมาะสมของการใช้ GFRP ในงานโครงสร้างที่ต้องการความทนทานสูง

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

งานวิจัยด้านคอนกรีตเสริมแรงได้ระบุว่า แม้เหล็กเสริมจะมีความแข็งแรงสูงและเหมาะสมต่อการรับแรงดึง แต่มีข้อด้อยสำคัญคือการเกิดการกัดกร่อน ซึ่งส่งผลต่อความทนทานของโครงสร้างในระยะยาว [1], [3] วัสดุพอลีเมอร์เสริมใยแก้ว (GFRP) จึงได้รับความสนใจในฐานะวัสดุทดแทน เนื่องจากไม่เกิดสนิมและมีกำลังรับแรงดึงสูง [3], [5] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยหลายฉบับได้ระบุว่า GFRP มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าเหล็ก 4–5 เท่า [1], [5], [9] ส่งผลให้คานที่เสริมด้วย GFRP มีความแข็งเกร็งดัดลดลงและมีแนวโน้มโก่งตัวสูงกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC) ภายใต้สภาวะใช้งาน (Serviceability) แม้ว่าจะมีกำลังรับแรงดัดสูงสุดใกล้เคียงกัน [1], [5]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังระบุว่า พฤติกรรมเชิงดัดของคานเสริม GFRP มักเกิดการขยับตัวของเส้นใยสะเทิน (Neutral Axis Shift) ซึ่งเกิดจากค่าความแข็งดัดที่ลดลง ส่งผลให้เกิดความเค้นอัดกระจุกมากขึ้นในโซนอัดของคอนกรีต [5], [6], [9] และเพื่อให้คานเสริม GFRP มีความแข็งเกร็งใกล้เคียงกับ RC จำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของวัสดุเสริมแรง [9] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศและต่างประเทศมักใช้เงื่อนไขทางเรขาคณิต โหลด และ Boundary Conditions ที่ไม่เท่าเทียมกัน ทำให้ไม่สามารถสรุปเปรียบเทียบเชิงปริมาณระหว่าง RC กับ FRPRC ได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นช่องว่างขององค์ความรู้ที่ยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมอย่างเป็นระบบ

ในด้านวิธีการวิเคราะห์ งานวิจัยหลายฉบับยืนยันว่า วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการจำลองพฤติกรรมดัดของคานคอนกรีตเสริมแรง ทั้งในงานที่ศึกษาแรงยึดเหนี่ยวของ GFRP [5] การซ่อมและเสริมกำลังคานด้วยวัสดุ FRP [6] รวมถึงงานมาตรฐานด้านกลศาสตร์โครงสร้าง [7], [8] โดย Third-Point Loading เป็นรูปแบบการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับประเมินความแข็งดัดของคาน [1], [5]

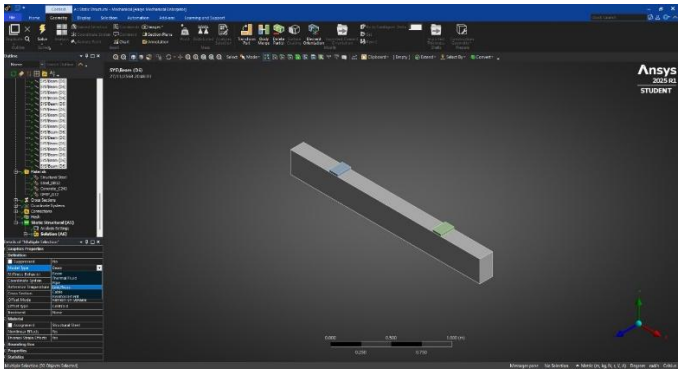
วิธีวิทยาการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งวิเคราะห์พฤติกรรมการรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC) เปรียบเทียบกับคานคอนกรีตเสริมพอลีเมอร์เสริมใยแก้ว (FRPRC) โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) ผ่านโปรแกรม ANSYS Workbench (Student Version) ภายใต้กรอบการวิเคราะห์แบบเชิงเส้น (Linear Elastic Analysis) เพื่อประเมินค่าการโก่งตัวสูงสุด รูปแบบการกระจายความเค้นสมมูล (von-Mises Stress) และแรงแกนดึงในวัสดุเสริมแรงของคานทั้ง

สองชนิด โดยโหลดถูกกำหนดเป็นแบบ Third-Point Loading เพื่อให้เงื่อนไขการรับแรงมีความสอดคล้องและสามารถเปรียบเทียบกันได้อย่างเป็นระบบ

3.1 รูปแบบคานและสมบัติวัสดุ

คานในงานวิจัยนี้ถูกกำหนดเป็นแบบ Simply Supported Beam โดยมีหน้าตัดกว้าง 150 mm, สูง 250 mm, และความยาวรวม 2,200 mm การวิเคราะห์ดำเนินการภายใต้กรอบ Linear Static Analysis เพื่อประเมินพฤติกรรมของคานในช่วง Serviceability Limit State (SLS) ซึ่งเป็นช่วงที่โครงสร้างยังไม่เกิดการแตกร้าวและกำหนดสมบัติวัสดุตามตารางที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 คานแบบ Simply Supported

ตารางที่ 1 สมบัติวัสดุที่ใช้ในการจำลอง

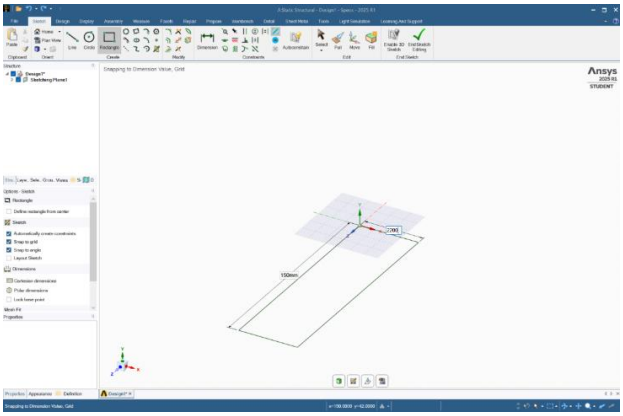
วัสดุ (Material)	ประเภทพฤติกรรม	โมดูลัสยืดหยุ่น (E) (MPa)	Poisson's Ratio	หมายเหตุ
คอนกรีต (Concrete)	Linear Elastic	ใช้มาตรฐาน Elastic ของ ANSYS	0.20	ไม่พิจารณาการแตกร้าว (Uncracked)
เหล็กเสริม (Steel Rebar)	Linear Elastic Isotropic	200,000	0.30	ใช้ในคาน RC
แท่ง GFRP	Linear Elastic Isotropic	50,000	0.25	ใช้ในคาน FRPRC

3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM)

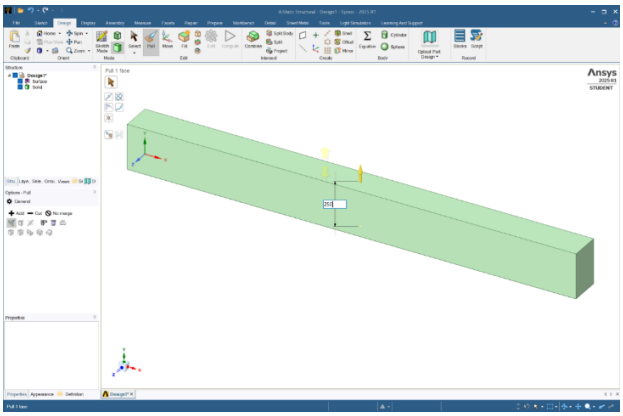
ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองถูกดำเนินการตามลำดับเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องตามหลักกลศาสตร์ของโครงสร้าง โดยเป็นการวิเคราะห์เชิงเส้น (Linear Elastic Analysis) ดังนี้

3.2.1 สร้างเรขาคณิตรูปแบบคานสี่เหลี่ยมด้วยคำสั่ง Geometryดำเนินการสร้างรูปทรงสามมิติของคอนกรีตในคำสั่ง Geometry โดยกำหนด

- หน้าตัดคาน = 150 × 250 mm
- ความยาวคาน = 2,200 mm



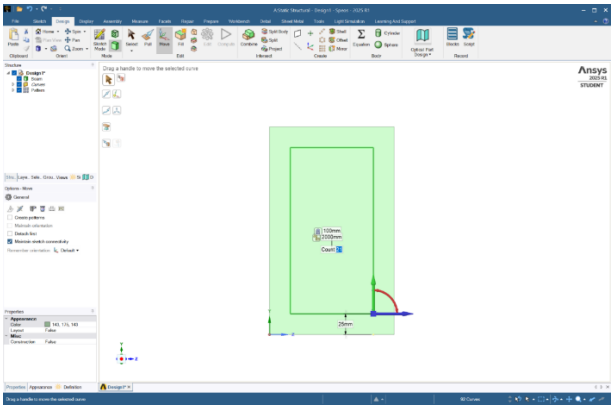
รูปที่ 2 รูปแบบสเกตช์หน้าตัดและความยาวคานสำหรับการสร้างเรขาคณิต



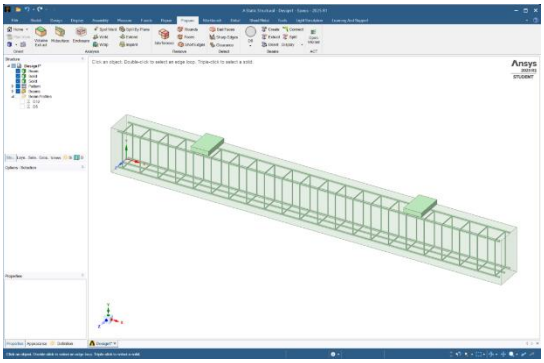
รูปที่ 3 การสร้างแบบจำลองสามมิติของคานคอนกรีต (3D Geometry Model)

จากนั้นกำหนดตำแหน่งเหล็กเสริม (Steel Rebar) และแท่งพอลีเมอร์เสริมใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer: GFRP) พร้อมเหล็กปลอก (Stirrups) และแผ่นถ่ายแรง (Loading Plate)โดยกำหนด

- ระยะหุ้มคอนกรีต (Concrete Cover) = 25 mm
- เหล็กเสริมบน = 2-ϕ12 mm
- เหล็กเสริมล่าง = 3-ϕ12 mm
- เหล็กปลอก = @100 mm.



รูปที่ 4 การกำหนดเรขาคณิตของเหล็กปลอกและเหล็กเสริมในหน้าตัดคาน

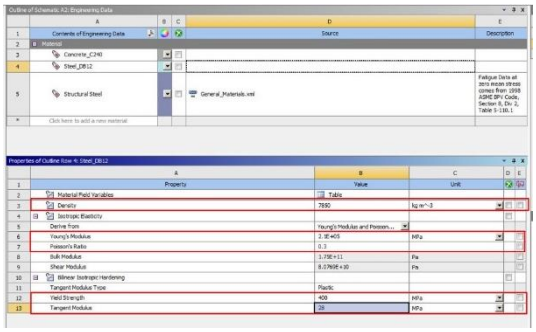


รูปที่ 5 แบบจำลองคานคอนกรีตเสริมเหล็กพร้อมเหล็กปลอกและเหล็กเสริม (3D Geometry Model)

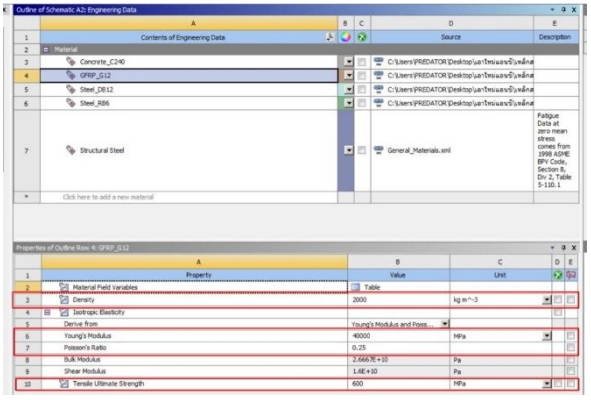
3.2.2 การกำหนดสมบัติวัสดุ (Material Assignment)

ดำเนินการกำหนดสมบัติวัสดุผ่านหัวข้อ Engineering Data โดยเลือกพฤติกรรมวัสดุแบบ Elastic Isotropic สำหรับวัสดุทุกชนิดที่ใช้ในการจำลอง และระบุค่าพารามิเตอร์ตาม ตารางที่ 1 ซึ่งครอบคลุมคอนกรีต เหล็กเสริม (Steel Rebar) และแท่งพอลิเมอร์เสริมใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer: GFRP) อย่างครบถ้วน

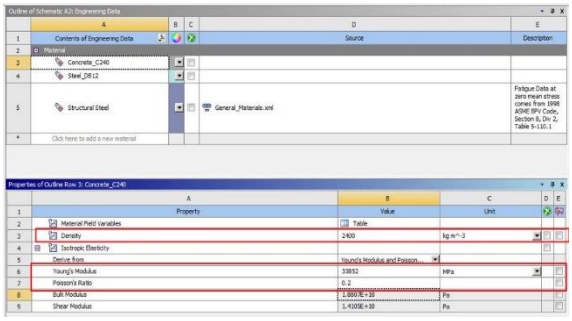
ผลลัพธ์หลังการกำหนดสมบัติวัสดุปรากฏใน รูปที่ 6–8 ซึ่งแสดงรายการวัสดุและค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่กำหนดไว้ตามข้อมูลในตารางที่ 1 โดยโปรแกรม ANSYS Workbench (Student Version) ได้บันทึกคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต เหล็กเสริม และแท่ง GFRP ครบถ้วนสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบจำกัด



รูปที่ 6 รายการสมบัติวัสดุของเหล็กเสริม (Steel Rebar) ที่กำหนดใน Engineering Data



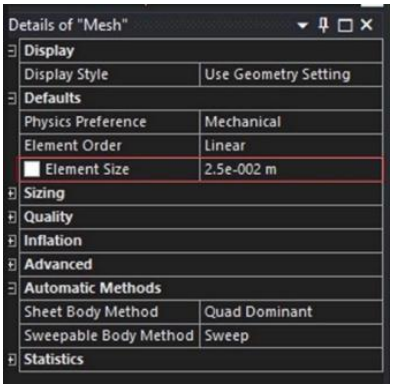
รูปที่ 7 รายการสมบัติวัสดุของแท่งพอลิเมอร์เสริมใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Polymer: GFRP) ที่กำหนดใน Engineering Data



รูปที่ 8 รายการสมบัติวัสดุของคอนกรีต (Concrete) ที่กำหนดใน Engineering Data

3.2.3 การสร้าง Mesh และการควบคุมคุณภาพตาข่าย (Mesh Generation and Quality Control)

ทำการเปิดคำสั่ง Model และเลือกหัวข้อ Mesh และดำเนินการสร้าง Mesh โดยใช้ ประเภทตาข่าย: Hexahedral–Dominant Mesh และขนาดองค์ประกอบประมาณ: 25 mm

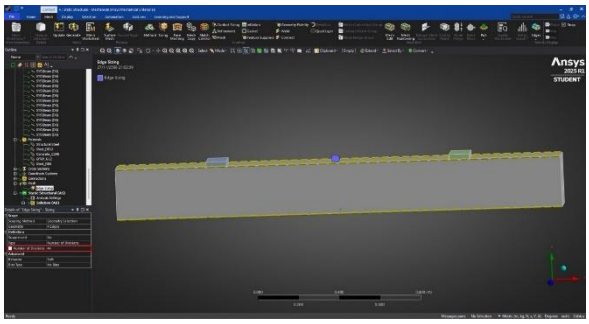


รูปที่ 9 การกำหนดค่าตาข่ายแบบ Hexahedral–Dominant Mesh พร้อมขนาดองค์ประกอบ 25 mm.

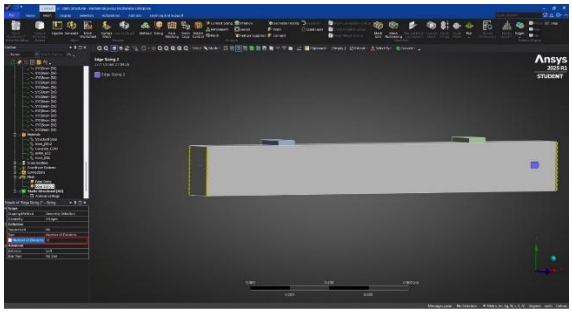
ต่อมาจะตั้งค่าการควบคุมตาข่ายด้วย Edge Sizing และทำการตั้งค่าจำนวน Division ของเรขาคณิตเพื่อควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอของตาข่าย (Mesh Uniformity) โดยเฉพาะในบริเวณสำคัญและพื้นที่รับแรง ดำเนินการกำหนด Edge Sizing (การแบ่งส่วนตามขอบ) โดยระบุจำนวนส่วนแบ่ง (Number of Divisions) ดังนี้

- ความยาวคาน (ตามแนวแกน X): กำหนด 44 ส่วนแบ่ง
- ความลึกคาน (ตามแนวแกน Y): กำหนด 12 ส่วนแบ่ง
- ความกว้างคาน (ตามแนวแกน Z): กำหนด 6 ส่วนแบ่ง

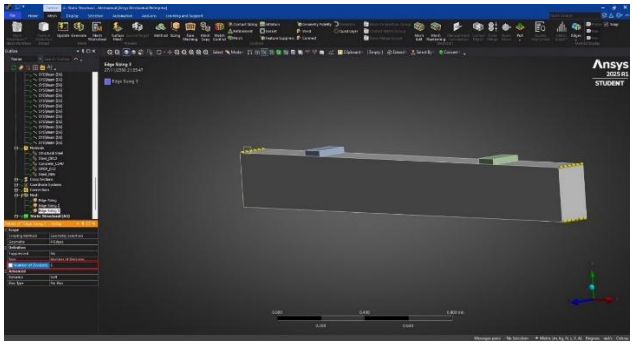
การกำหนดจำนวนส่วนแบ่งที่แน่นอน (Manual Sizing) นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ ตาข่ายมีความสม่ำเสมอและมีความละเอียดที่เพียงพอ ต่อการจับการเปลี่ยนแปลงของความเค้นและความเครียดตามหลักกลศาสตร์โครงสร้าง ซึ่งมีความสำคัญต่อการประเมินการโก่งตัวในช่วง Linear Elastic. โปรแกรมจะสร้างตาข่ายตามที่กำหนดไว้ดังแสดงใน รูปที่ 10–12 ซึ่งเป็นตาข่ายที่ผ่านการตรวจสอบ Mesh Convergence Error<1.84% (ตามที่ระบุในหัวข้อ 3.4) เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์



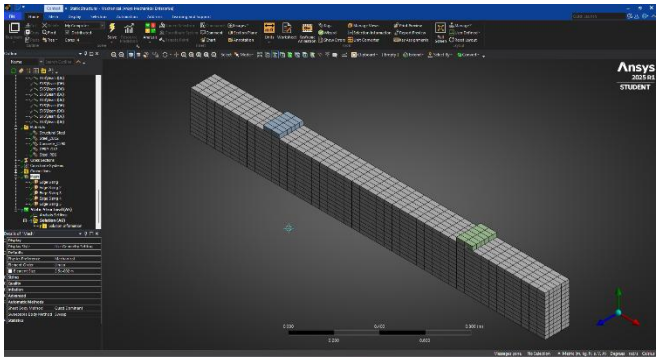
รูปที่ 10 การกำหนด Edge Sizing บนขอบตามแนวความยาวคาน (Number of Divisions = 44)



รูปที่ 11 การกำหนด Edge Sizing บนขอบตามแนวความลึกคาน (Number of Divisions = 12)



รูปที่ 12 การกำหนด Edge Sizing บนขอบตามแนวความกว้างคาน (Number of Divisions = 6)



รูปที่ 13 ตาข่ายสุดท้าย (Hexahedral–Dominant Mesh) ของแบบจำลองคานหลังการตั้งค่า Edge Sizing

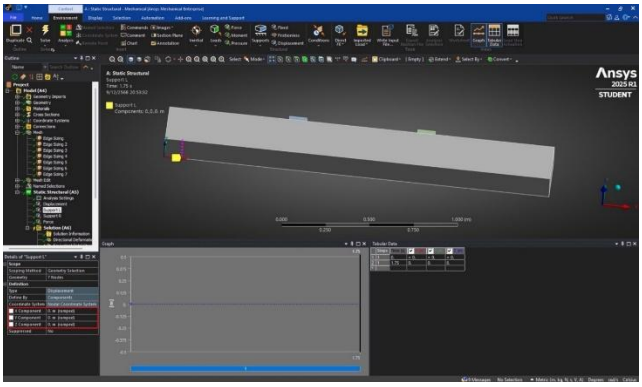
3.2.4 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและการรับแรง (Boundary Conditions and Loading)

การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) และการรับแรง (Loading) ถูกดำเนินการภายใต้โมดูล Static Structural ของโปรแกรม ANSYS Workbench (Student Version) โดยมีรายละเอียดดังนี้

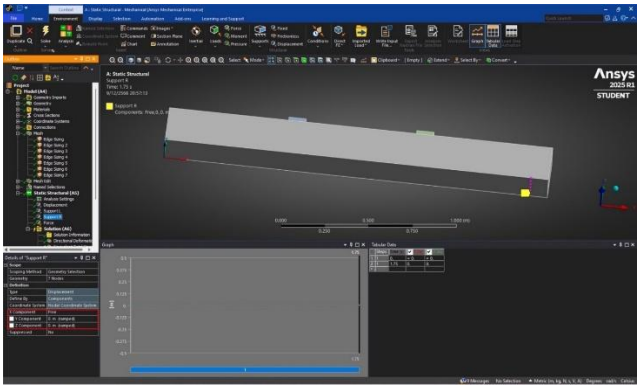
1. การกำหนดซัพพอร์ต (Supports) ทำการเลือก Geometry บริเวณจุดรองรับทั้งสองด้านของคาน และกำหนดเงื่อนไขการกระจัด (Displacement Constraints) เพื่อจำลองคานแบบ Simply Supported โดยสรุปดังตารางที่ 2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การตั้งค่าซัพพอร์ตของคานแบบ Simply Supported

ประเภทซัพพอร์ต	แกน X (ตามยาว)	แกน Y (แนวดิ่ง)	แกน Z (ตามกว้าง)	พฤติกรรม
Pinned Support (ด้านซ้าย)	0 (ตรึง)	0 (ตรึง)	0 (ตรึง)	ป้องกันการเคลื่อนที่ทั้งสามแกน
Roller Support (ด้านขวา)	Free (อิสระ)	0 (ตรึง)	0 (ตรึง)	อนุญาตให้เลื่อนในแนวยาวได้



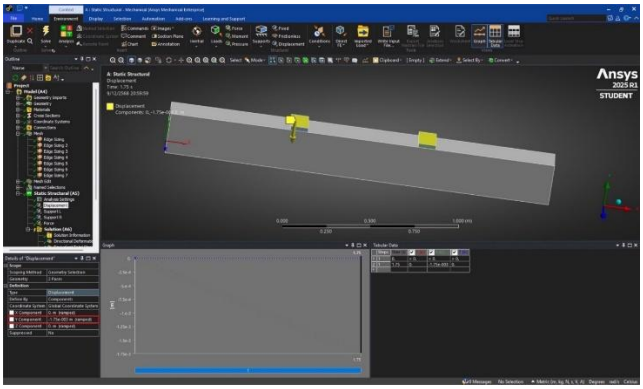
รูปที่ 14 การตั้งค่าซัพพอร์ตข้างซ้ายแบบ Pinned Support ของคาน



รูปที่ 15 การตั้งค่าซัพพอร์ตข้างขวาแบบ Roller Support ของคาน

2. การกำหนดรูปแบบการรับแรงและการควบคุมการกระจัด (Loading Scheme and Displacement Control)

การรับแรงในแบบจำลองถูกกำหนดเป็น Third-Point Loading โดยใช้วิธี Displacement-Controlled Loading เพื่อให้สอดคล้องกับกรอบการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นของโปรแกรม ANSYS Workbench (Student Version) โดยตั้งค่าการกระจัดในแนวดิ่ง (แกน Y) เท่ากับ Displacement (y)=−0.00175 m (−1.75 mm) การกำหนดแบบนี้ช่วยควบคุมระดับการเสียรูปได้อย่างแม่นยำ เหมาะสมกับการประเมินพฤติกรรมในช่วง Serviceability Limit State (SLS) และทำให้สามารถเปรียบเทียบผลการโก่งตัวและความเค้นระหว่างคาน RC และ FRPRC ได้อย่างเป็นระบบ



รูปที่ 16 การกำหนดโหลดแบบ Third–Point Loading ด้วยวิธี Displacement–Controlled

3.3 การรันการวิเคราะห์และบันทึกผล (Analysis Run and Data Recording)

หลังจากกำหนดเรขาคณิต วัสดุ Mesh และเงื่อนไขขอบเขตครบถ้วนแล้ว การวิเคราะห์ถูกดำเนินการผ่านโมดูล Static Structural โดยใช้ตัวแก้ปัญหาแบบ Linear Static Solver ซึ่งเหมาะสมสำหรับการประเมินพฤติกรรมในช่วงสภาวะใช้งาน (SLS)

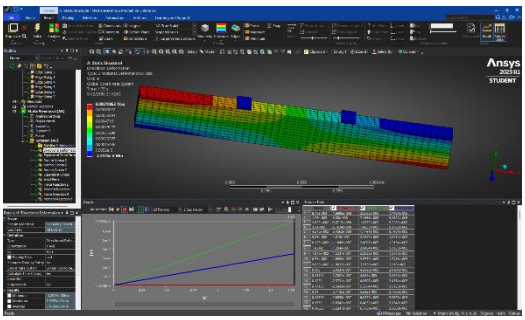
3.3.1 ขั้นตอนการรันและการตรวจสอบ (Execution and Verification)

ก่อนเริ่มการคำนวณ ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของเงื่อนไขการรองรับ (Supports) และตำแหน่งของจุดรับแรง (Loading Points) จากนั้นคลิกคำสั่ง Solve เพื่อให้โปรแกรมทำการประมวลผล โดย Solver จะทำการคำนวณสมดุลของแรงและรูปแบบการกระจายความเค้นภายใต้สมมติฐานว่าโครงสร้างมีพฤติกรรมเชิงเส้น (Linear Elastic)

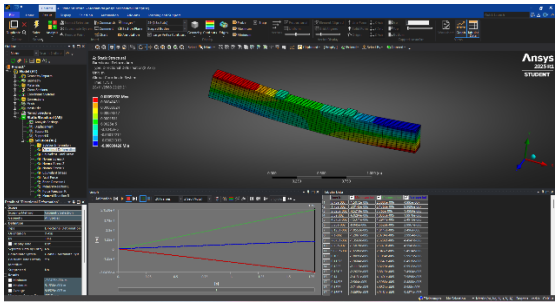
3.3.2 การบันทึกผลลัพธ์หลัก (Key Output Recording)

ผลลัพธ์ที่จำเป็นต่อการประเมิน SLS ได้จากคำสั่งต่อไปนี้

1. ค่าการโก่งตัวสูงสุด (Midspan Deflection) ใช้คำสั่ง Insert ⟶ Deformation ⟶ Total เพื่อตรวจสอบค่าการโก่งตัวสูงสุดบริเวณกึ่งกลางคาน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญของความแข็งเกร็งดัด (Flexural Stiffness)

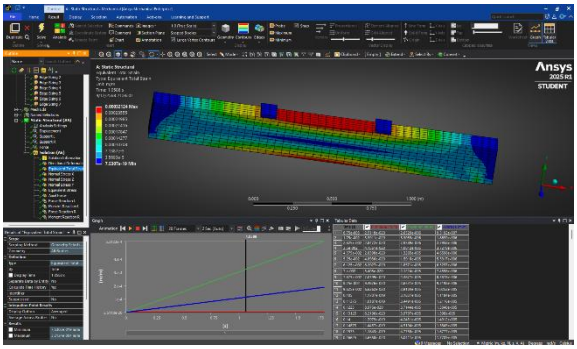


รูปที่ 17 ผลการกระจัดเชิงทิศทางของคานเสริม GFRP สำหรับการตรวจสอบค่าโก่งตัวสูงสุดที่กึ่งกลางคาน (Midspan Deflection)

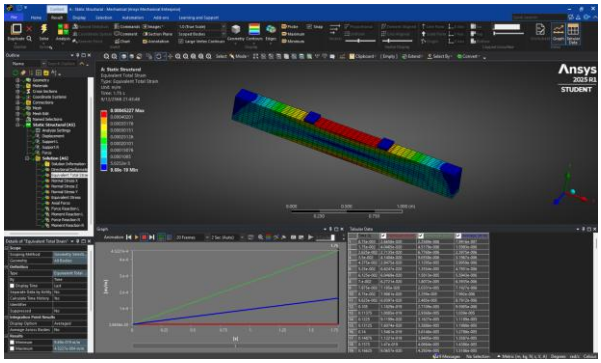


รูปที่ 18 ผลการกระจัดเชิงทิศทางของคานเสริมเหล็ก(RC) สำหรับการตรวจสอบค่าโก่งตัวสูงสุดที่กึ่งกลางคาน (Midspan Deflection)

2. ความเค้นสมมูล (Equivalent von-Mises Stress ใช้คำสั่ง Insert ⟶ Stress ⟶ Equivalent (von-Mises) เพื่อบันทึกรูปแบบการกระจายความเค้น และค่าความเค้นสูงสุดในโซนอัดของคอนกรีต ข้อมูลนี้ช่วยวิเคราะห์ปรากฏการณ์ Neutral Axis Shift ระหว่างคาน RC และ FRPRC

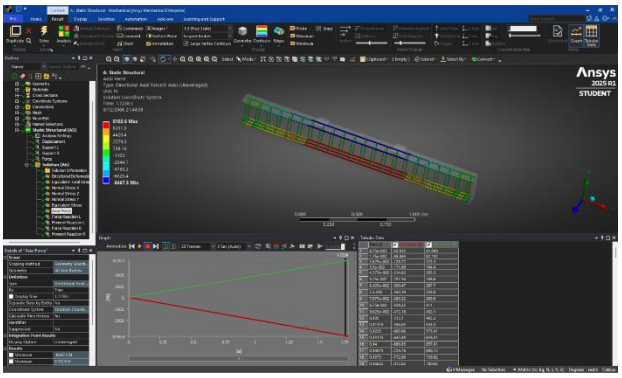


รูปที่ 19 แสดงผล Equivalent Total Strain ของคาน FRPRC จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS Workbench (Student Version)

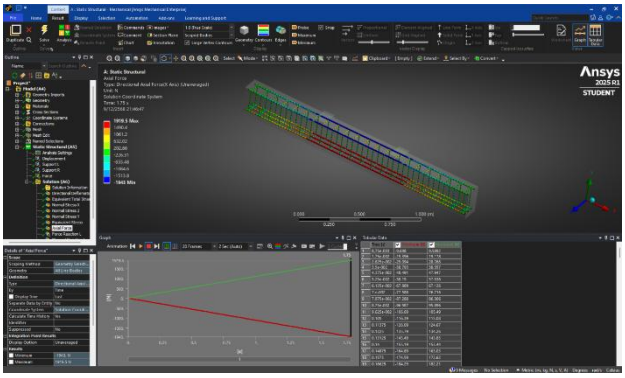


รูปที่ 20 แสดงผล Equivalent Total Strain ของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Beam) จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS Workbench (Student Version)

3. แรงแกนดึงในเสริมแรง (Axial Force in Reinforcement) ใช้คำสั่ง Insert ⟶ Beam Results ⟶ Axial Force เพื่อบันทึกค่าแรงดึงสูงสุดในเหล็กเสริมหรือ GFRP ซึ่งสะท้อนผลของความแตกต่างด้านโมดูลัสยืดหยุ่นต่อความสามารถในการรับแรงดึงภายในหน้าตัด



รูปที่ 21 แสดงผลแรงแกนดึง–อัด (Axial Force) ในแท่งพอลีเมอร์เสริมใยแก้ว (GFRP) ของคาน FRPRC จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS Workbench (Student Version)



รูปที่ 22 แสดงผลแรงแกนดึง–อัด (Axial Force) ในเหล็กเสริมของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Beam) จากการวิเคราะห์ด้วย ANSYS Workbench (Student Version)

หลังบันทึกผลลัพธ์ของแบบจำลองทั้ง RC และ FRPRC ครบถ้วนแล้ว ให้นำค่าการโก่งตัว ความเค้นสมมูล และแรงแกนดึงที่ได้มาเปรียบเทียบโดยตรง เพื่อประเมินอิทธิพลของค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่แตกต่างกันต่อพฤติกรรมดัดของคานในช่วงสภาวะใช้งาน (SLS)

3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Verification)

เพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) มีความน่าเชื่อถือ การศึกษานี้ได้ทำการตรวจสอบแบบจำลองในสองประเด็นหลัก ได้แก่ การลู่เข้าของตาข่าย (Mesh Convergence) และ ความสมดุลของแรง (Equilibrium Check) ดังนี้

1) Mesh Convergence Study (การตรวจสอบการลู่เข้าของตาข่าย)

วัตถุประสงค์: ตรวจสอบว่าขนาดเมชที่เลือกใช้ให้ผลลัพธ์ที่เสถียร โดยผลการวิเคราะห์ไม่เปลี่ยนแปลงมากเมื่อปรับเมชให้ละเอียดขึ้น

ผลการตรวจสอบ:ความคลาดเคลื่อนของค่าการโก่งตัวสูงสุดเมื่อปรับเมชละเอียดขึ้นมีค่า น้อยกว่า 1.84%

ข้อสรุป: ขนาดเมชที่เลือกใช้ในหัวข้อ 3.2.3 มีความเหมาะสม ทำให้ผลลัพธ์อยู่ในสภาวะลู่เข้า (Converged) และสามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้อย่างเชื่อถือได้

2) Equilibrium Check (การตรวจสอบสมดุลแรง)

วัตถุประสงค์:ตรวจสอบว่าแรงกระทำรวมเท่ากับผลรวมของปฏิกิริยาแรงรองรับ ซึ่งเป็นเงื่อนไขพื้นฐานของสภาวะสมดุลทางสถิต

ผลการตรวจสอบ:ความคลาดเคลื่อนของแรงรวมมีค่า น้อยกว่า 0.01%

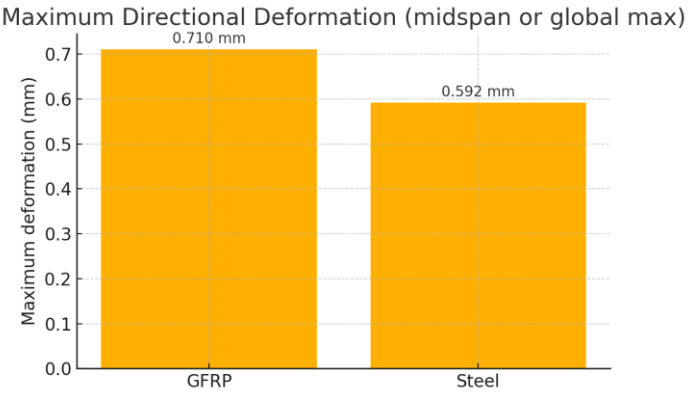
ข้อสรุป:แบบจำลองมีความสมดุลทางสถิต (Static Equilibrium) สอดคล้องกับหลักกลศาสตร์โครงสร้าง และการกำหนด Boundary Conditions ถูกต้อง

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบโปรแกรม ANSYS Workbench 2025 R1 (Student Version)

1. พฤติกรรมการเสียรูปภายใต้ Third-Point Loading (Deflection Behavior)

จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS Workbench 2025 R1 (Student Version) พบว่า พฤติกรรมการเสียรูปของคานทั้งสองชนิดแสดงลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีความแข็งเกร็งของวัสดุภายใต้สภาวะ Elastic โดยคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC Beam) มีค่าการโก่งตัวสูงสุดบริเวณกึ่งกลางคานเท่ากับ 0.592 mm ขณะที่คานคอนกรีตเสริมเส้นใยแก้ว (FRPRC Beam) มีค่าการโก่งตัวสูงสุดเท่ากับ 0.710 mm ซึ่งสูงกว่า RC คิดเป็นประมาณ 19.93% ความแตกต่างนี้เกิดจากสมบัติทางกลของวัสดุเสริมแรงโดยตรง โดยเฉพาะค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของ GFRP ที่มีค่าต่ำกว่าเหล็กเสริมถึง 4 เท่า ส่งผลให้คาน FRPRC มีความแข็งเกร็งดัด (Flexural Rigidity) ต่ำกว่า แม้ขนาดหน้าตัดและโหลดที่กระทำจะเท่ากันก็ตาม นอกจากนี้ แนวโน้มรูปแบบการโก่งตัวยังแสดงให้เห็นว่าการเสียรูปของ FRPRC เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและราบเรียบมากกว่า RC ซึ่งสะท้อนความยืดหยุ่นที่สูงกว่าและการพัฒนา strain ที่รวดเร็วกว่าในช่วงโหลดต่ำตามคุณลักษณะของวัสดุประเภทเส้นใย

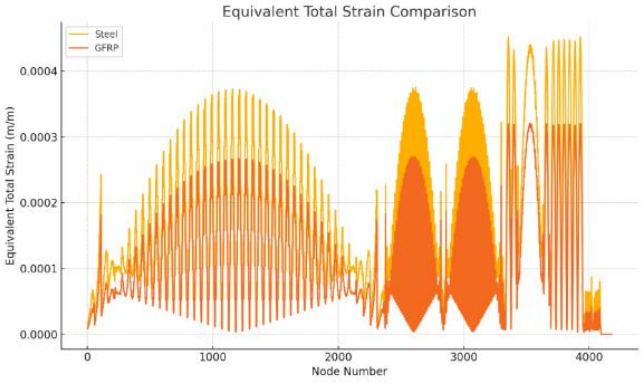


รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวสูงสุดระหว่างคานเสริม GFRP และ Steel

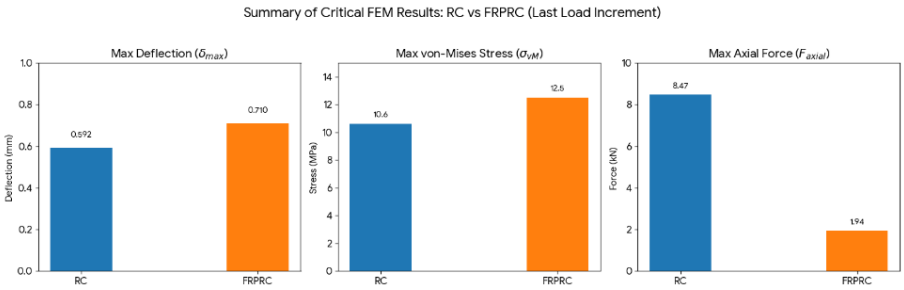
2. พฤติกรรมความเค้นสมมูลและผลกระทบจาก Neutral Axis Shift (Equivalent Stress Behavior)

การวิเคราะห์ความเค้นสมมูล (Equivalent von-Mises Stress) เผยให้เห็นความแตกต่างด้านกลศาสตร์ภายในที่สำคัญระหว่างคาน RC และ FRPRC โดยคาน RC มีค่าความเค้นสมมูลสูงสุดในโซนอัดเท่ากับ 10.6 MPa ในขณะที่คาน FRPRC มีค่า 12.5 MPa สูงกว่า RC คิดเป็น 17.9% การเพิ่มขึ้นของค่าความเค้นใน FRPRC สอดคล้องกับแนวคิดของ Neutral Axis Shift ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อวัสดุเสริมแรงมีค่าความแข็งน้อยกว่า ทำให้การกระจายความแข็งเกร็งตามความลึกของหน้าตัดไม่สมดุล ส่งผลให้ Neutral Axis ขยับสูงขึ้น ทำให้โซนอัดรับภาระมากขึ้นและเกิดความเค้นเฉพาะที่ (Stress Concentration) มากกว่า RC ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างด้านพฤติกรรมเชิงกลภายในคานแม้จะอยู่ภายใต้โหลดเดียวกัน โดย FRPRC มีแนวโน้มที่ความเค้นในคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่าจากการที่ GFRP ไม่สามารถพัฒนาแรงดึงได้

เทียบเท่ากับเหล็ก ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความสำคัญ โดยเฉพาะในการวิเคราะห์สมรรถนะของคานภายใต้สภาวะใช้งาน (SLS) ซึ่งความเค้นในโซนอัดอาจเป็นตัวกำหนดค่าความปลอดภัยและความทนทานในระยะยาวขององค์อาคาร



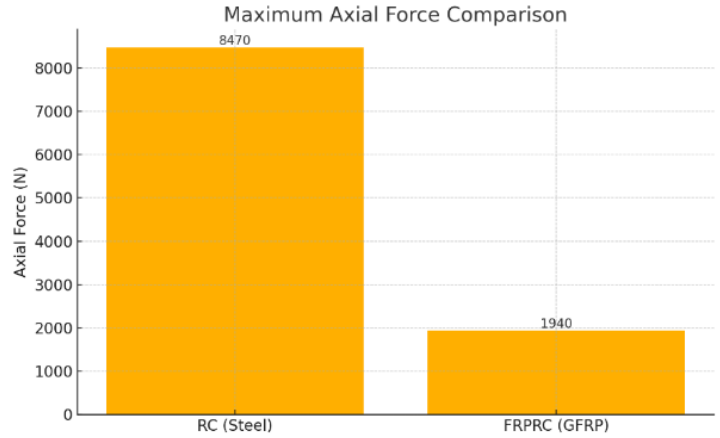
รูปที่ 13 ผลลัพธ์ความเครียดรวมสมมูลย์ของคานเสริมแรงสองรูปแบบ



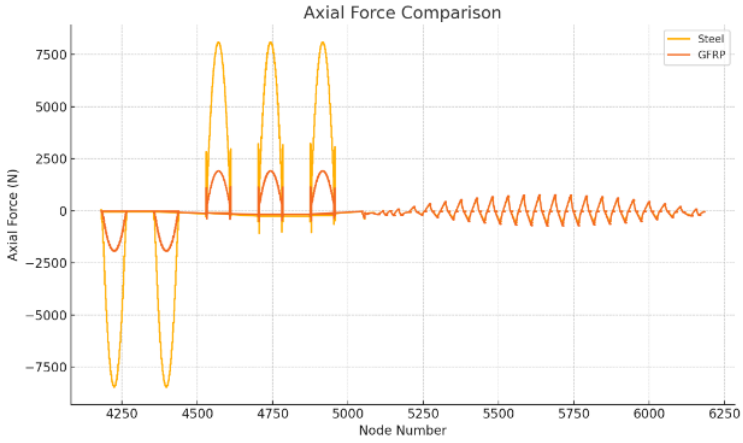
รูปที่ 14 การเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวสูงสุด ความเค้น von–Mises และแรงตามแนวแกนสูงสุดของคาน RC และ FRPRC

3. ผลแรงแกนดึงภายในเสริมแรง (Axial Force Response of Reinforcement)

ผลการตรวจสอบแรงแกนดึง (Axial Force) ในเสริมแรงแสดงถึงความแตกต่างด้านความสามารถในการรับแรงของวัสดุเสริมแรงทั้งสองชนิดได้อย่างชัดเจน โดยเหล็กเสริมในคาน RC พัฒนาแรงดึงสูงสุดได้ถึง 8,470 N ในขณะที่ GFRP ซึ่งใช้ในคาน FRPRC สามารถพัฒนาแรงดึงได้สูงสุดเพียง 1,940 N เท่านั้น แตกต่างกันมากกว่า 4.3 เท่า ผลนี้เป็นหลักฐานเชิงกลศาสตร์ที่ชัดเจนว่า GFRP แม้จะมีความแข็งแรงดึงสูงในเชิงวัสดุ (Ultimate Tensile Strength) แต่ภายใต้พฤติกรรมเชิงเส้น (Linear Elastic Behavior) และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ต่ำ ทำให้ไม่สามารถพัฒนาแรงดึงภายในได้เทียบเท่ากับเหล็กเสริม นอกจากนี้ รูปแบบแรงแกนดึงตามความยาวคานยังแสดงความแตกต่างเชิงพฤติกรรมที่ต่อเนื่อง โดยกราฟของเหล็กเสริมมีช่วงแรงเพิ่ม–ลดอย่างกะทันหันสอดคล้องกับพฤติกรรมกึ่งแข็ง (Semi–rigid) ของเหล็ก ในขณะที่กราฟของ GFRP แสดงรูปแบบคลื่นสม่ำเสมอมากกว่าซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุเส้นใยแบบ Linear Elastic อย่างแท้จริง ผลลัพธ์ทั้งหมดชี้ให้เห็นว่าในสภาวะ SLS การเลือกวัสดุเสริมแรงส่งผลโดยตรงต่อสมรรถนะการรับแรงดึงและการกระจายแรงทั่วทั้งหน้าตัด ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญต่อการประเมินความเหมาะสมในการใช้งานของ FRPRC ในโครงสร้างจริง



รูปที่ 15 กราฟแสดงค่าแรงตามแนวแกนสูงสุด (Maximum Axial Force) ของวัสดุเสริมแรงสองชนิด



รูปที่ 16 การเปรียบเทียบแรงตามแนวแกน (Axial Force) ในเหล็กเสริมและ GFRP ตามหมายเลขโหนด

สรุปผลและอธิปรายผล

1. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) ผ่านโปรแกรม ANSYS Workbench 2025 R1 (Student Version) ยืนยันว่า ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus, E) ของวัสดุเสริมแรงเป็นปัจจัยควบคุมหลักของพฤติกรรมดัดในช่วง Serviceability Limit State (SLS) โดยผลการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC) และคานคอนกรีตเสริม GFRP (FRPRC) ภายใต้ Third-Point Loading สามารถสรุปเชิงปริมาณได้ดังนี้

- การโก่งตัว (Midspan Deflection) คาน FRPRC มีค่าการโก่งตัวสูงกว่าคาน RC ประมาณ 19.93% (RC = 0.592 mm; FRPRC = 0.710 mm)
- ความเค้นสมมูล (Equivalent von-Mises Stress) ความเค้นอัดสูงสุดในคอนกรีตของ FRPRC สูงกว่าคาน RC ประมาณ 17.9% (RC = 10.6 MPa; FRPRC = 12.5 MPa)
- แรงตามแนวแกนในเสริมแรง (Axial Force in Reinforcement)เหล็กเสริมใน RC รับแรงดึงได้มากกว่า GFRP ประมาณ 4.3 เท่า (Steel = 8,470 N; GFRP = 1,940 N)

ผลลัพธ์ทั้งหมดสะท้อนว่า คาน RC มีความแข็งเกร็งและเสถียรภาพทางโครงสร้างสูงกว่า FRPRC เนื่องจากเหล็กเสริมมีค่า E สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ FRPRC แสดงการเสียรูปมากขึ้นภายใต้โหลดเดียวกัน แม้จะมีข้อดีด้านความทนทานต่อการกัดกร่อนและน้ำหนักเบา แต่ไม่สามารถทดแทนเหล็กเสริมได้โดยตรงในงานที่ต้องการความแข็งเกร็งสูง

2. การอภิปรายผล (Discussion)

ผลลัพธ์ทั้งสามประเภท ได้แก่ การโก่งตัว ความเค้นสมมูล และแรงดึงในวัสดุเสริมแรง ล้วนสอดคล้องกันและอธิบายด้วยหลักการเดียวกันคือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่แตกต่างกันระหว่างเหล็กเสริมและ GFRP ทำให้พฤติกรรมดัดเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้งานในหน้าตัดคอนกรีตเสริมแรง เมื่อค่า E ของ GFRP ต่ำกว่าเหล็กถึงสี่เท่า ความแข็งเกร็งดัดของคานย่อมลดลง ทำให้คาน FRPRC แสดงค่าการโก่งตัวสูงกว่าคาน RC อย่างเด่นชัด ขณะเดียวกันแรงดึงที่พัฒนาในแท่ง GFRP ก็ต่ำกว่าเหล็กอย่างมากซึ่งเป็นข้อจำกัดด้านกลศาสตร์ภายในของวัสดุชนิดนี้ ส่งผลให้ตำแหน่ง Neutral Axis ขยับขึ้น ทำให้พื้นที่คอนกรีตโซนอัดต้องรับภาระมากขึ้น เป็นเหตุผลว่าทำไมค่าความเค้นในคอนกรีตของ FRPRC จึงสูงกว่า RC ถึง 17.9%. ภาพรวมของการอภิปรายผลจึงชี้ให้เห็นว่า พฤติกรรมของคานภายใต้โหลดในช่วง SLS ถูกครอบงำโดยความแตกต่างของค่าความแข็งของวัสดุเสริมแรงโดยตรง และแบบจำลอง FEM ที่ใช้ก็สามารถอธิบายพฤติกรรมนี้ได้ถูกต้องภายใต้กรอบ Linear Elastic ตามที่ตั้งสมมติฐานไว้

3. ข้อจำกัดของงานวิจัย (Limitations)

งานวิจัยนี้ได้รับผลกระทบจากข้อจำกัดของ ANSYS Workbench Student Version ซึ่งจำกัดให้ผู้ใช้วิเคราะห์ได้เฉพาะในกรอบ Linear Elastic เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถจำลองพฤติกรรม Nonlinear ที่มีความสำคัญต่อการเกิดวิบัติของคานได้ เช่น การแตกของคอนกรีต การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเสริมแรงและคอนกรีต (Bond–Slip) รวมถึงการประเมินกำลังรับแรงประลัย Ultimate Capacity นอกจากนี้ซอฟต์แวร์เวอร์ชันนักศึกษายังไม่รองรับการส่งออกข้อมูล Time–History และไม่สามารถดึงค่าพิกัดแนวดิ่งเพื่อนำไปสร้าง Stress Profile ที่ละเอียดได้แบบเวอร์ชันเต็ม ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถประเมินการกระจายความเค้นตามความลึกของหน้าตัดได้อย่างครบถ้วน ข้อจำกัดทั้งหมดนี้ไม่ได้ลดทอนความถูกต้องของผลลัพธ์ในช่วง SLS แต่เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาหากต้องการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างในช่วงหลังคราหรือช่วงใกล้วิบัติ

4. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อ (Future Work)

- ใช้โปรแกรมเวอร์ชันเต็มเพื่อวิเคราะห์ Nonlinear Behavior รวมทั้ง Concrete Cracking, Plasticity และ Bond–Slip เพื่อประเมินความสามารถรับแรงสูงสุดและรูปแบบการวิบัติจริงของคาน
- เพิ่มพื้นที่หน้าตัดของเสริมแรง GFRP (1.5–2 เท่า) เพื่อตรวจสอบว่าสามารถชดเชยค่า E ที่ต่ำได้เพียงใด และจะช่วยลดการโก่งตัวให้เทียบเท่าคาน RC ได้หรือไม่
- ทำการทดสอบคานจริงในห้องปฏิบัติการเพื่อ Validate แบบจำลอง FEM และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมจำลองกับพฤติกรรมจริง

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร ณัฐวุฒิ อินทบุตร ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะหลักวิชาการ ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และให้คำแนะนำอันลึกซึ้งในทุกขั้นตอนของการทำวิจัย ความเอาใจใส่และความเมตตาของท่านเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้

งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ทั้งในด้านระเบียบวิธีวิจัยและการตีความผลลัพธ์เชิงวิศวกรรม ขอขอบพระคุณ ท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง อันช่วยให้ผู้จัดทำได้ปรับปรุงการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (FEM) การอภิปรายผล และความครบถ้วนของงานวิจัยให้มีความหนักแน่นและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูม ที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ ทรัพยากรด้านคอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์ ANSYS Workbench (Student Version) ซึ่งมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของการวิเคราะห์เชิงตัวเลขในงานวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัว และเพื่อนร่วมงานทุกคนที่คอยให้กำลังใจสนับสนุน และอยู่เคียงข้างมาตลอดเส้นทางของการศึกษา ความรัก ความปรารถนาดี และพลังใจจากทุกท่านเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ผู้จัดทำขอมอบคุณค่าทั้งหมดของงานวิจัยนี้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้เชิงเปรียบเทียบพฤติกรรมการดัดของคาน GFRP ที่นำเสนอ จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิศวกรรมโครงสร้าง และเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการศึกษาหรือการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุเสริมแรงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. ทวีชัย สำราญวานิช, พลากร เจิมรังษี, และธิติพันธุ์ แสงนาค, “การศึกษาพฤติกรรมกำลังรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริม Fiber Reinforced Polymer (FRP),” คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2550. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://buuir.buu.ac.th/handle/1234567890/1175
2. บริษัท ซีเจ เมทัลลิค จำกัด, “ข้อมูลผลิตภัณฑ์เหล็กเสริม (Deformed Bars Steel),” ม.ป.ป. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ จาก: https://www.cj.co.th/deformed-bars-steel
3. Golden Group, “รู้จักกับไฟเบอร์กลาส GFRP วัสดุเสริมแรงในงานโครงสร้างมีดีอย่างไร,” ม.ป.ป. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://goldengroup.co.th/gfrp/
4. สาธิต อำนวยพรเลิศ,“การศึกษาคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตผสมเศษเซรามิค”, วารสารการวิจัยกาสะลองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, ปีที่ 11, ฉบับที่ 3, หน้า 279–291, 2560.
5. วรากร อุ่นสมบัติ, ชูชัย สุจิวรกุล, และประวีณ ชมปรีดา, “การศึกษาแรงยึดเหนี่ยวของแท่ง GFRP กับคอนกรีตและการรับแรงภายในของคานคอนกรีตที่เสริมแรงด้วยเหล็กเสริมและแท่ง GFRP,” ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 30, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2565. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://conference.thaince.org/index.php/ncce28/article/view/2271
6. ศุภกิตติ์ อารีมีตร์, ศิริมนทรี ศรีไสล, ศิรพงศ์ โพธิ์นามทอง, และเฉลิมชัย ทองชม, “การทำนายพฤติกรรมการดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสื่อมสภาพได้รับการซ่อมและเสริมกำลังด้วยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์,” วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 19, ฉบับที่ 3, หน้า 128–141, 2566.
7. R. D. Cook, D. S. Malkus, M. E. Plesha, and R. J. Witt, Concepts and Applications of Finite Element Analysis, 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.
8. O. C. Zienkiewicz and R. L. Taylor, The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics, 6th ed. Oxford: Elsevier, 2005.
9. ACI Committee 440, Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars (ACI 440.1R–15), American Concrete Institute, 2015.

10. กรมทางหลวงชนบท, มาตรฐานการทดสอบวัสดุและวิธีทดสอบทางวิศวกรรมโยธา มทช.(ท) 105.1–2545: การทดสอบกำลังคอนกรีต, กระทรวงคมนาคม, 2545.
11. กรมทางหลวงชนบท, มาตรฐานการทดสอบวัสดุและวิธีทดสอบทางวิศวกรรมโยธา มทช.(ท) 105.2–2545: วิธีทดสอบคอนกรีต, กระทรวงคมนาคม, 2545.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการควบคุมแบบ Cascade PI และ Cascade PI ร่วมกับ Feedforward สำหรับระบบถังทรงกระบอกแนวตั้งแบบ Non-Interactive บน PLC SIEMENS S7-1200

Performance Comparison of Cascade PI and Cascade PI with Feedforward Control for a Non-Interactive Vertical Cylindrical Tank Using a SIEMENS S7-1200 PLC

สาธิต มังคลาจารย์[1] วิทยา กุดแถลง[1*] ทักษิณ แสงสุวรรณ[1] วงศกร วงศาโรจน์[1] และ นที ทองอุ่น[1]
Satit Mangkalajan[1], Wittaya Koodtalang[1*], Thaksin Sangsuwan[1], Wongsakorn Wongsaroj[1] และ Natee Thong-UN[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบควบคุมระดับน้ำสำหรับถังทรงกระบอกคู่แนวตั้ง โดยใช้โครงสร้างควบคุมแบบต่อเนื่องสองชั้นด้วยตัวควบคุมสัดส่วน-ปริพันธ์ และ โครงสร้างแบบสองชั้นร่วมกับสัญญาณชดเชยล่วงหน้าในแบบป้อนไปข้างหน้า ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับฮาร์ดแวร์จริงโดยมีตัวควบคุมตรรกะโปรแกรมได้รุ่น SIEMENS S7-1200 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก และใช้ชุดทดสอบถังคู่ของบริษัท Quanser เป็นระบบทดลองทางกายภาพ การทดลองประเมินประสิทธิภาพด้านการตอบสนองเชิงเวลาและความแม่นยำของการติดตามสัญญาณอ้างอิง โดยพิจารณาค่าชี้วัด ได้แก่ ค่าเวลาไต่ขึ้น ค่าเวลาสูงสุด เปอร์เซ็นต์พุ่งเกิน เวลาเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว พร้อมตัวชี้วัดประสิทธิภาพตัวควบคุม ได้แก่ ค่าผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ตลอดเวลา (IAE) และค่าผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ที่ถ่วงน้ำหนักตามเวลา (ITAE) ผลการศึกษาแสดงว่าตัวควบคุมแบบ PIFF ให้ผลการติดตามสัญญาณได้ดีกว่า ลดผลกระทบจากการรบกวนโหลด และลดค่าความคลาดเคลื่อนเชิงเวลาลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตัวควบคุมแบบ PIPI ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ โครงสร้างแบบสองชั้นร่วมกับสัญญาณชดเชยล่วงหน้าในแบบป้อนไปข้างหน้า สำหรับระบบควบคุมระดับน้ำในงานอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: ตัวควบคุมแบบสองชั้น การชดเชยล่วงหน้า ระบบถังคู่แนวตั้ง ตัวควบคุมตรรกะโปรแกรม

[1] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีเครื่องมือวัดและอัตโนมัติ (CEITA) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและพลังงานไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

[1] Center of Excellence on Instrumentation Technology and Automation (CEITA), Department of Instrumentation and Electrical Energy Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800

* Corresponding author: wittaya.k@eng.kmutnb.ac.th

Abstract

This research presents a performance comparison of water-level control systems for vertically coupled cylindrical tanks using the Cascade PI and Cascade PI with Feedforward structures on real hardware. The system consists of a SIEMENS S7-1200 Programmable Logic Controller as the main controller and a Quanser Coupled Tank process experiment set as the physical system. The experiments evaluated the time response and tracking accuracy of the reference signal using the following indicators: Rise Time, Peak Time, %Overshoot, Settling Time, Integral of Absolute Error, and Integral of Time-weighted Absolute Error. The results show that the Cascade PI with Feedforward controller provides better signal tracking performance, reduces the impact of load disturbances, and significantly reduces the timing error compared to the Cascade PI controller. This demonstrates the potential of using Feedforward with Cascade Control in industrial water level control systems.

Keywords: Cascade Control, Feedforward, Non-Interactive Vertical Cylindrical Tank, PLC.

บทนำ

การควบคุมระดับน้ำเป็นหนึ่งในกระบวนการพื้นฐานที่พบในอุตสาหกรรมเคมี อาหาร และระบบจัดการน้ำเสีย [1-3] โดยเฉพาะถังทรงกระบอกแนวตั้ง (Vertical Cylindrical Tank) ซึ่งมีลักษณะเป็นระบบอันดับหนึ่งไม่เชิงเส้น (First Order Nonlinear System) [4 – 6] การทำงานจริงของระบบมักประสบปัญหา เช่น ความล่าช้า การเปลี่ยนแปลงโหลด และสัญญาณรบกวน ทำให้การควบคุมด้วย PI แบบเดี่ยวไม่เพียงพอ เพื่อแก้ปัญหานี้ตัวควบคุมแบบคาสเคด (Cascade Control) มักถูกนำมาใช้ [7] เนื่องจากช่วยปรับปรุงความไวของระบบลูปด้านใน (Inner Loop) และลดผลกระทบจากความแปรปรวนของปั๊ม อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงค่ารบกวนแบบแรงดันไหลเข้าที่เกิดขึ้นกะทันหันยังคงทำให้ระดับน้ำมีค่าคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาตัวชดเชยไปข้างหน้า (Feedforward Compensator) เพื่อชดเชยสัญญาณรบกวนล่วงหน้า (Load Disturbance Compensation) และคาดการณ์ผลกระทบต่อระดับน้ำก่อนที่ระบบป้อนกลับ (Feedback) จะตอบสนอง ทำให้ระบบเร็วขึ้นและเสถียรมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้งสองตัวควบคุมบนระบบจริงโดยใช้ PLC SIEMENS S7-1200 ร่วมกับชุดทดลองกระบวนการถังน้ำคู่ของ Quanser [8] ซึ่งเป็นชุดทดลองที่มีคุณภาพสูงถูกใช้อย่างแพร่หลายในสถาบันการศึกษาและงานวิจัยด้านระบบควบคุม งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการทดลองและประเมินผลเชิงปริมาณของระบบควบคุมทั้งสองรูปแบบ เพื่อนำเสนอแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับระบบควบคุมระดับน้ำในงานจริง

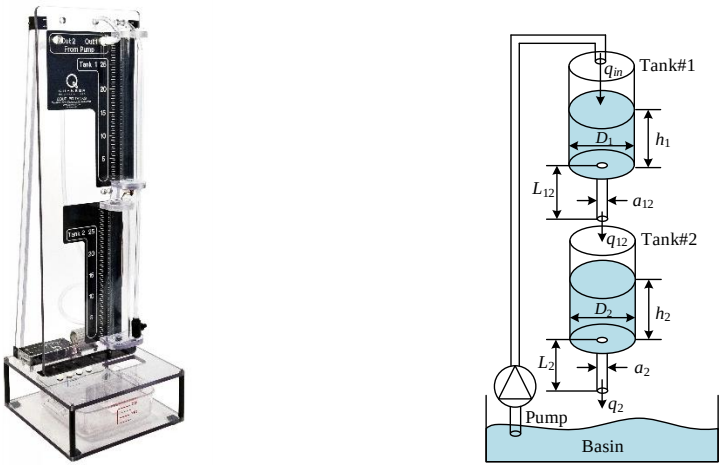
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมระดับน้ำในถังทรงกระบอกแนวตั้งแบบ Non-Interactive โดยใช้เทคนิคการควบคุมแบบ PIPI และ PIFF เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของแต่ละตัวควบคุมในการตอบสนองต่อสัญญาณอ้างอิง การลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวน และการรักษาความเสถียรของระบบภายใต้สภาวะระดับอ้างอิงแปรผัน นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นการพัฒนาตัวควบคุมบนฮาร์ดแวร์จริง ได้แก่ PLC SIEMENS S7-1200 ร่วมกับชุดทดลอง Quanser เพื่อประเมินประสิทธิภาพในสภาวะแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับกระบวนการอุตสาหกรรม โดยมีการวิเคราะห์ผลด้วยตัวชี้วัดมาตรฐาน เช่น ค่าเวลาไต่ขึ้น (Rise Time, Tr) ค่าเวลาสูงสุด (Peak Time, Tp) เปอร์เซ็นต์พุ่งเกิน (%Overshoot, %OS) ค่าเวลาเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว (Settling Time, Ts) ค่า IAE

และ ITAE เพื่อให้ได้ข้อสรุปเชิงปริมาณที่ชัดเจน รวมถึงมุ่งเสนอแนวทางการออกแบบระบบควบคุมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานอุตสาหกรรมจริงและการเรียนการสอนด้านระบบควบคุมกระบวนการต่อไป

วิธีวิทยาการวิจัย

ในภาพที่ 1(ก) เป็นชุดทดลองถังน้ำแนวตั้งของ Quanser โครงสร้างหลักทำจากอะคริลิกใส ทำให้สามารถมองเห็นระดับน้ำและการไหลภายในได้ชัดเจน ด้านหน้ามีสเกลวัดระดับเป็นเซนติเมตรติดอยู่ตลอดความสูงของถัง เพื่อใช้ในการสอบเทียบเซนเซอร์และตรวจสอบระดับน้ำจริง ข้างบนและตรงกลางจะเห็นเป็นคอลัมน์แนวตั้งสองชุดซ้อนกัน แทนถังที่ 1 และถังที่ 2 ซึ่งสามารถต่อเป็นระบบถังคู่ได้ ที่ฐานด้านล่างเป็นแท็งก์เก็บน้ำ (Basin) พร้อมปั๊มน้ำและชุดท่อทางเดินน้ำสำหรับส่งน้ำกลับขึ้นไปยังถังด้านบน ในส่วนฐานยังมีแผงวงจรและจุดเชื่อมต่อสัญญาณสำหรับต่อเข้ากับ PLC เพื่อใช้ควบคุมและเก็บข้อมูล ทำให้ชุดนี้เหมาะสำหรับใช้ศึกษาการควบคุมระดับน้ำ การปรับจูนตัวควบคุม และการทดลองโครงสร้างควบคุมแบบต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ภาพที่ 2 เป็นแผนภาพเชิงทฤษฎีของระบบถังคู่แนวตั้งที่ใช้แทนชุดทดลองจริงจากภาพแรก ด้านล่างสุดคือแท็งก์เก็บน้ำ ซึ่งรับน้ำที่ไหลออกจากถังที่สองกลับมาเก็บไว้ ถัดจากแท็งก์เก็บน้ำทางซ้ายคือ ปั๊มน้ำ (Pump) ทำหน้าที่ดูดน้ำจากแท็งก์เก็บน้ำแล้วส่งขึ้นไปยังส่วนบนของระบบ ในตอนบนสุดของภาพจะแสดง Tank #1 ซึ่งเป็นถังทรงกระบอกแนวตั้งที่รับน้ำไหลเข้าด้วยอัตราการไหล qin ด้านข้างของถังมีระบุเส้นผ่านศูนย์กลางของถังเป็น D_1 และระดับน้ำภายในถังเป็น h_1 ที่ก้นถังจะมีรูหรือออริฟิศ พื้นที่หน้าตัดรูระบายเขียนเป็น a_1 ทำให้น้ำไหลออกจากถังที่ 1 ไปยังถังที่ 2 ด้วยอัตราการไหล q_{12} ถัดลงมาคือ Tank #2 มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกแนวตั้งเช่นเดียวกัน โดยระบุเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น D_2 และระดับน้ำในถังเป็น h2 ที่ก้นถังที่ 2 มีรูระบายที่มีพื้นที่หน้าตัด a_2 ทำให้น้ำไหลออกด้วยอัตราการไหล q_2 ลงสู่แท็งก์เก็บน้ำอีกครั้ง ลูกศรทิศทางการไหลที่เชื่อมระหว่างถังบน–ถังล่าง และถังล่าง–แท็งก์เก็บน้ำ แสดงลำดับของการไหลจากปั๊มน้ำ ⟶ ถังที่ 1 ⟶ ถังที่ 2 ⟶ แท็งก์เก็บน้ำ เป็นวงจรปิด โดยภาพทั้งสองแสดงความเชื่อมโยงระหว่าง ฮาร์ดแวร์จริงกับแบบจำลองเชิงทฤษฎี ของระบบถังคู่แนวตั้งที่ใช้ในการวิเคราะห์สมการสมดุลมวล สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และออกแบบตัวควบคุมระดับน้ำ



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 ชุดทดลองกระบวนการถังทรงกระบอกแนวตั้งแบบ Non–Interactive

(ก) ชุดทดลองจริง Quanser Coupled Tanks (ข) P&ID ของกระบวนการ

ตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองระบบถังคู่ที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบตัวควบคุม ซึ่งครอบคลุมค่าคงที่ของปั๊ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางออริฟิศ และค่าการสอบเทียบเซนเซอร์วัดระดับน้ำของทั้งสองถัง พารามิเตอร์เหล่านี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการสร้างแบบจำลองพลวัตให้สอดคล้องกับระบบจริงอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังถูกนำมาใช้ในการคำนวณค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจำลอง การปรับจูน และการประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างควบคุมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองระบบถังคู่ที่ใช้ในงานวิจัย

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	ค่า	หน่วย
K_P	ค่าคงที่อัตราการไหลของปั๊ม	3.3	$cm^3/s/V$
V_{peak}	แรงดันสูงสุดของปั๊ม	22	V
D_{out1}	เส้นผ่านศูนย์กลางรูระบายที่ 1	0.635	cm
D_{out2}	เส้นผ่านศูนย์กลางรูระบายที่ 2	0.476	cm
L_{1max}, L_{2max}	ความสูงระดับน้ำสูงสุดของถังที่ 1 และ 2	30	cm
D_1, D_2	เส้นผ่านศูนย์กลางด้านในของถังที่ 1 และ 2	4.445	cm
K_{L1}, K_{L2}	ความไวของเซนเซอร์ระดับน้ำของถังที่ 1 และ 2	6.1	cm/V
g	ค่าความเร่งโน้มถ่วงโลก	981	cm/s^2

สำหรับระบบถังคู่ทรงกระบอกแนวตั้งของ Quanser สามารถสร้างแบบจำลองจากสมดุลมวลของของเหลวในแต่ละถัง ร่วมกับสมการการไหลผ่านออริฟิศและสมการปั๊ม โดยกำหนดให้ h1, h2 เป็นระดับน้ำในถังที่ 1 และถังที่ 2 ตามลำดับ A_1, A_2 เป็นพื้นที่หน้าตัดของถัง, a_1,a_2 เป็นพื้นที่หน้าตัดออริฟิศ, q_{in} เป็นอัตราการไหลเข้าจากปั๊ม, q_{12} เป็นอัตราการไหลจากถังที่ 1 ไปยังถังที่ 2 และ q_2 เป็นอัตราการไหลออกจากถังที่ 2 ลงสู่แท็งก์เก็บน้ำ โดยมีสมการหลักดังนี้

$$q_{in} = K_{pump}(V_{pump} - V_{bias}) \tag{1}$$

สมการการไหลจากถังที่ 1 ไปถังที่ 2 ผ่านออริฟิศ สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$q_{12} = a_1\sqrt{2g(h_1 - h_2)} \tag{2}$$

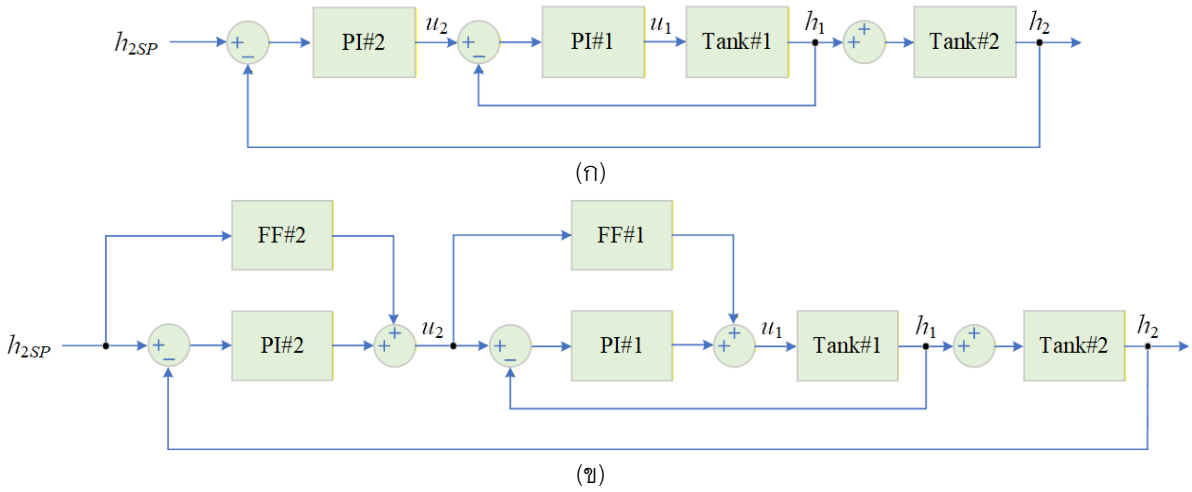
สมการการไหลออกจากถังที่ 2 ลงสู่แท็งก์เก็บน้ำ เขียนได้ดังนี้

$$q_2 = a_2\sqrt{2gh_2} \tag{3}$$

ดังดันจากกฎสมดุลมวลสมการพลวัตของระดับน้ำในถังที่ 1 และถังที่ 2 เขียนได้ดังนี้

$$A_1\frac{dh_1}{dt} = K_{pump}(V_{pump} - V_{bias}) - a_1\sqrt{2g(h_1 - h_2)} \tag{4}$$

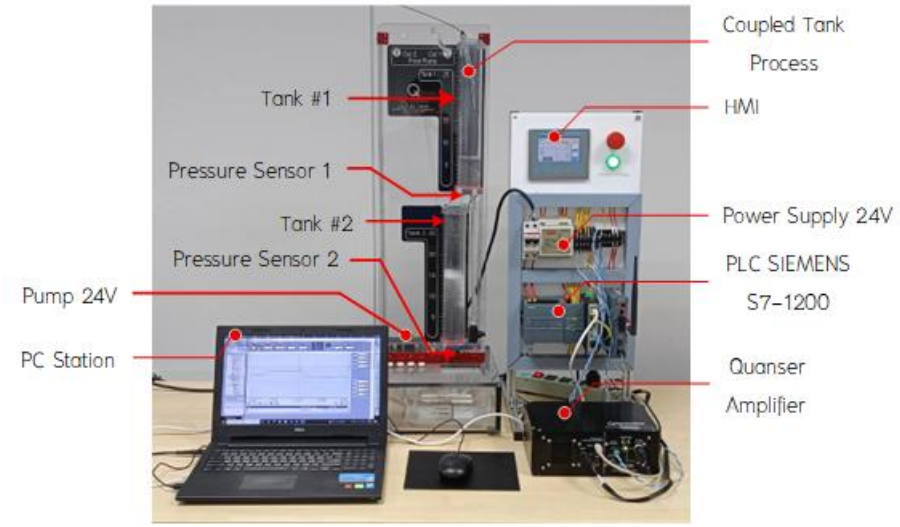
$$A_2\frac{dh_2}{dt} = a_1\sqrt{2g(h_1 - h_2)} - a_2\sqrt{2gh_2} \tag{5}$$



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบ (ก) PIPI และ (ข) PIFF สำหรับระบบถังคู่แนวตั้ง

ภาพที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบ (ก) PIPI และ (ข) PIFF สำหรับระบบถังคู่แนวตั้ง โดยภาพ 2(ก) อาศัยลูปป้อนกลับสองชั้นเพื่อควบคุมระดับน้ำในถังที่ 1 และถังที่ 2 ขณะที่ภาพ 2(ข) เพิ่มบล็อก FF#1 และ FF#2 เพื่อชดเชยสัญญาณรบกวนล่วงหน้า โดย FF#1 คำนวณสัญญาณชดเชยเป็น $u_{FF1}=K_{FF1}q_{in}$ เพื่อปรับสัญญาณควบคุมในลูปนอก (Outer Loop) ให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลทันที และ FF#2 คำนวณสัญญาณชดเชยเป็น $u_{FF2}=K_{FF2}q_{12}$ เพื่อช่วยลูปใน (Inner Loop) เพื่อรักษาอัตราการไหลเข้าถังที่ 1 ส่งผลให้สามารถลดการพุ่งเกินสัญญาณค่าเวลาเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว และทำให้ระดับน้ำทั้งสองถังมีความเสถียรมากขึ้นภายใต้การเปลี่ยนแปลงโหลดหรือสัญญาณรบกวนของปั๊ม ส่วนพารามิเตอร์ Kp1 = 2.2 Ti = 28.002 s และ Kp2 = 1.6 Ti = 21.96 s คงที่

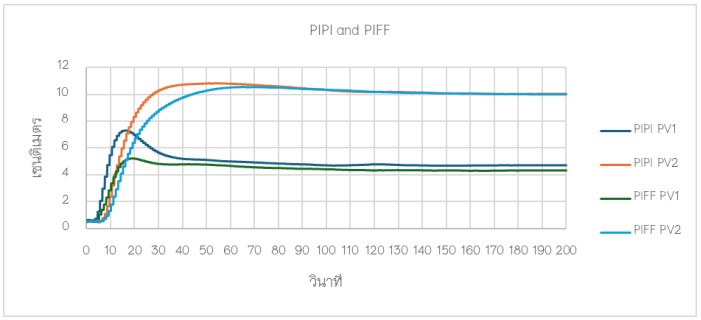
ภาพที่ 3 แสดงชุดทดลองระบบถังคู่แนวตั้งในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการการทดสอบ ซึ่งประกอบด้วยถังน้ำสองใบ เซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure Sensor) และปั๊มน้ำขับเคลื่อนด้วยแหล่งจ่าย 24V. ระบบควบคุมหลักถูกพัฒนาโดยใช้ PLC SIEMENS S7-1200 พร้อม HMI สำหรับสั่งงานและแสดงผลสถานะกระบวนการแบบเรียลไทม์ ขณะที่สัญญาณจากเซนเซอร์และตัวกระตุ้นถูกจัดรูปสัญญาณผ่านชุดขยายสัญญาณ (Quanser Amplifier) เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีความแม่นยำสูง ชุดทดลองนี้ทำหน้าที่เป็นกระบวนการจริงสำหรับประเมินประสิทธิภาพของตัวควบคุมทั้งสองรูปแบบภายใต้สภาวะจริงของระบบถังน้ำ



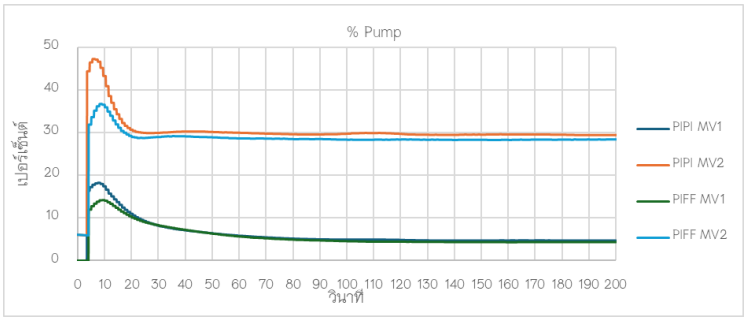
ภาพที่ 3 ชุดทดลองระบบถังคู่แนวตั้งพร้อมอุปกรณ์ควบคุมและตรวจวัดที่ใช้ในการทดลอง

ผลการศึกษา

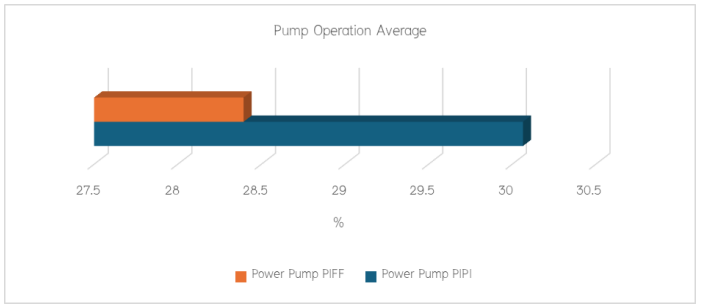
ภาพที่ 4 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมแบบ PIPI และ PIFF ที่ระดับน้ำอ้างอิงที่ 10 เซนติเมตร โดยกราฟ (ก) แสดงการตอบสนองระดับน้ำที่ตัวควบคุมแบบ PIFF มีความเร็วและเสถียรสูงกว่าชัดเจน ขณะที่กราฟ (ข) แสดงสัญญาณควบคุมของปั๊มน้ำ ซึ่งตัวควบคุมแบบ PIFF มีความราบเรียบและใช้พลังงานน้อยกว่า ส่วนกราฟ (ค) แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของปั๊ม พบว่าตัวควบคุมแบบ PIFF ใช้ภาระปั๊มน้อยกว่าอย่างต่อเนื่อง และกราฟ (ง) แสดงค่าดัชนีประสิทธิภาพ IAE และ ITAE ซึ่ง PIFF ให้ค่าที่ต่ำกว่า แสดงถึงความแม่นยำและประสิทธิภาพการควบคุมที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบ PIPI โดยรวมตัวควบคุมแบบ PIFF สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบอย่างมีนัยสำคัญในทุกตัวชี้วัดการควบคุม โดยการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของผลตอบสนองเชิงเวลาแสดงไว้ในตารางที่ 2



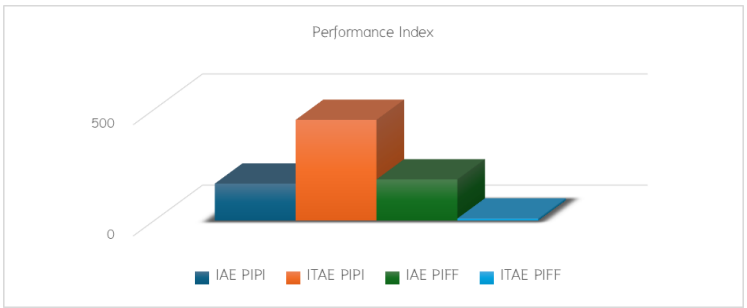
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4 ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมแบบ PIPI และ PIFF ที่ระดับน้ำอ้างอิง 10 เซนติเมตร (ก) ระดับน้ำ (ข) การทำงานของปั๊ม (ค) ค่าเฉลี่ยการทำงานต่อเนื่องของปั๊ม (ง) ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

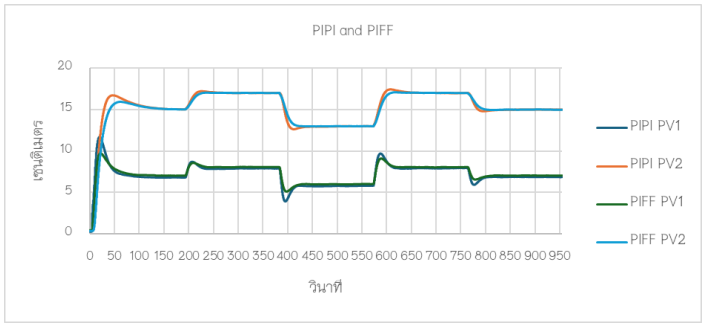
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ของผลตอบสนองเชิงเวลาที่ระดับน้ำอ้างอิง 10 เซนติเมตร

ชนิดตัวควบคุม	T_r (s)	T_p (s)	%Os (%)	$T_{s\ (5\%)}$ (s)	E_{ss} (cm)
Cascade PI	27.6	50.6	8.11	86.6	0.025
Cascade PIFF	44.2	69.2	5.40	80.2	0.000

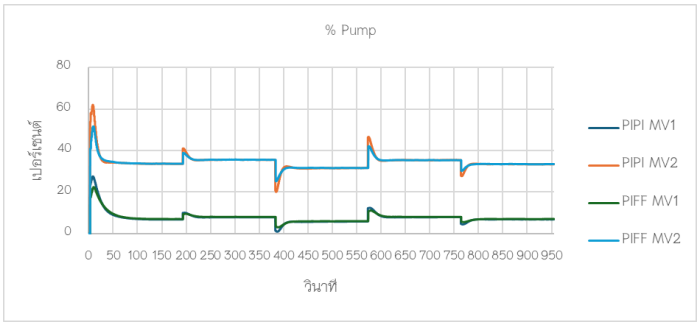
จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของการตอบสนองเชิงเวลาสำหรับระดับน้ำอ้างอิง 10 เซนติเมตร ระหว่างโครงสร้างควบคุมแบบ Cascade PI และ Cascade PI ร่วมกับ Feedforward (Cascade PIFF) สามารถสรุปได้ดังนี้ อันดับแรกค่าเวลาไต่ขึ้น (Rise Time, Tr) และค่าเวลาสูงสุด (Peak Time, Tp) ของโครงสร้าง PIFF สูงกว่าแบบ PIPI อย่างมีนัยสำคัญ โดยมี Tr = 44.2 วินาที และ Tp = 69.2 วินาที เมื่อเทียบกับ Tr = 27.6 วินาที และ Tp = 50.6 วินาที ของ PIPI ตามลำดับ สะท้อนว่าระบบ PIFF ใช้เวลาในการเร่งเข้าสู่ระดับที่ต้องการนานกว่า เนื่องจากลักษณะของ Feedforward ที่มุ่งเน้นการลดความกระเพื่อมและความรุนแรงของสัญญาณควบคุม ทำให้การตอบสนองมี

ความราบเรียบมากขึ้น ในด้านของความผิดพลาดเชิงไดนามิก พบว่า PIFF ให้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์ชูต (Overshoot, %OS) ต่ำกว่า PIPI อย่างเด่นชัด โดยมีค่าเพียง 5.40% เมื่อเทียบกับ 8.11% ของ PIPI แสดงว่าการเพิ่ม Feedforward ทำให้ระบบมีการแกว่งเกินน้อยลงและสามารถควบคุมเสถียรภาพได้ดีกว่าระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ นอกจากนี้ ค่าเวลาเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว (Settling Time, Ts) ที่ช่วง ±5% ของ PIFF อยู่ที่ 80.2 วินาที ลดลงจาก 86.6 วินาทีของ PIPI ซึ่งหมายความว่าโครงสร้าง PIFF สามารถทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ได้เร็วกว่า

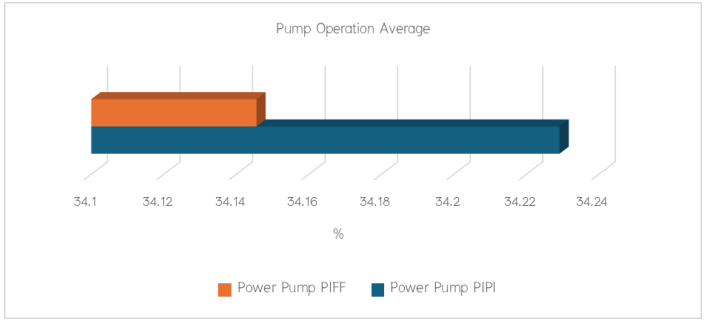
ภาพที่ 5 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างควบคุมแบบ PIPI และ PIFF สำหรับระบบถังน้ำแนวตั้งแบบ Non-Interactive ภายใต้การเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำอ้างอิงที่ ±2 เซนติเมตร และ ±4 เซนติเมตร ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการตอบสนองต่อสัญญาณอ้างอิงและความทนทานต่อการรบกวนของระบบควบคุมทั้งสองแบบอย่างชัดเจน โดยกราฟ (ก) แสดงระดับน้ำของถังที่ 1 และถังที่ 2 พบว่า PIFF สามารถตอบสนองได้รวดเร็วกว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์ชูตต่ำกว่า และให้เสถียรภาพในระยะยาวดีกว่า PIPI ขณะที่กราฟ (ข) แสดงพฤติกรรมของสัญญาณควบคุมปั๊มน้ำ โดยสัญญาณของ PIFF มีความราบเรียบกว่าและลดการสั่นของสัญญาณควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้ทำงานใกล้เคียงค่าควบคุมที่เหมาะสมมากกว่า ในกราฟ (ค) ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของปั๊มน้ำพบว่า PIFF ใช้กำลังปั๊มเฉลี่ยต่ำกว่า PIPI แสดงถึงการใช้พลังงานของระบบที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และลดภาระการทำงานของอุปกรณ์ปั๊มได้ดี สุดท้ายกราฟ (ง) แสดงค่าดัชนีประสิทธิภาพ IAE และ ITAE ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความแม่นยำของระบบควบคุม พบว่า PIFF ให้ค่าทั้งสองต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ PIPI สะท้อนให้เห็นว่าสามารถลดความคลาดเคลื่อนสะสมทั้งในช่วงเริ่มต้นและตลอดเวลาได้ดีกว่า โดยรวมแล้วผลการทดลองยืนยันว่าโครงสร้างควบคุมแบบ PIFF มีประสิทธิภาพเหนือกว่า PIPI ในทุกด้าน ทั้งในด้านความเร็วการตอบสนอง เสถียรภาพ ความประหยัดพลังงาน และความแม่นยำของการควบคุมภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอ้างอิงในระบบจริง โดยการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของผลตอบสนองเชิงเวลาแสดงไว้ในตารางที่ 3



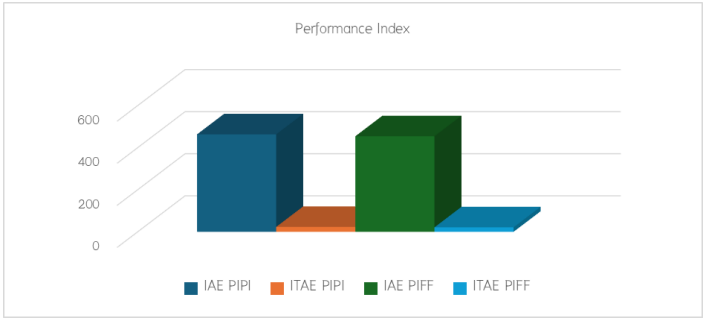
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 5 ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมแบบ PIPI และ PIFF ที่ระดับน้ำอ้างอิง 15 เซนติเมตร เปลี่ยนแปลง ±2 เซนติเมตร และ ±4 เซนติเมตร (ก) ระดับน้ำ (ข) การทำงานของปั๊ม (ค) ค่าเฉลี่ยการทำงานต่อเนื่องของปั๊ม (ง) ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ของผลตอบสนองเชิงเวลาที่ระดับน้ำอ้างอิง 15 เซนติเมตร เปลี่ยนแปลง ±2 เซนติเมตร และ ±4 เซนติเมตร

ระดับอ้างอิง (cm)	ชนิดตัวควบคุม	T_r (s)	T_p (s)	%Os (%)	$T_{r(5\%)}$ (s)	E_{ss} (cm)
+15	Cascade PI	28.9	45.9	11.42	86.9	+0.02
	Cascade PIFF	40.5	59.5	6.13	78.5	+0.02
+2	Cascade PI	23.1	33.1	1.27	–	−0.0002
	Cascade PIFF	35.7	43.5	0.258	–	+0.0085
−4	Cascade PI	20	29.1	2.86	–	−0.0193
	Cascade PIFF	42.9	50	0.17	–	−0.0161
+4	Cascade PI	23.1	33.1	2.54	–	+0.0085
	Cascade PIFF	36.0	42	0.47	–	−0.0067
−2	Cascade PI	21.2	31.3	1.37	–	−0.0043
	Cascade PIFF	37.9	48	0.33	–	−0.0184

ผลการทดลองจากตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบควบคุมแบบ PIPI และ PIFF สำหรับระดับอ้างอิงที่แตกต่างกัน พบว่าตัวควบคุมแบบ PIFF ให้ประสิทธิภาพโดยรวมที่เหนือกว่าอย่างชัดเจนในเกือบทุกตัวชี้วัดการควบคุม แม้ว่าในบางกรณีค่าเวลาไต่ขึ้น และเวลาสูงสุด ของตัวควบคุมแบบ PIFF จะยาวกว่าตัวควบคุมแบบ PIPI แต่สอดคล้องกับพฤติกรรมของระบบที่ Feedforward ทำหน้าที่ลดความกระเพื่อมของสัญญาณควบคุม ส่งผลให้การตอบสนองมีความราบเรียบและมีความเสถียรมากขึ้นในระยะยาว เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์ชูต พบว่าตัวควบคุมแบบ PIFF ให้ค่าโอเวอร์ชูตที่ต่ำกว่าทุกกรณี โดยเฉพาะที่ระดับอ้างอิง +2, −4 และ −2 เซนติเมตร ซึ่งแสดงถึงความสามารถของ Feedforward ในการลดความผิดพลาดเชิงไดนามิกขณะเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ทำให้ระบบตอบสนองได้ใกล้เคียงกับระดับที่ต้องการโดยไม่เกิดการแกว่งเกิน นอกจากนี้ ค่าเวลาเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวที่ระดับ +15 เซนติเมตร พบว่าตัวควบคุมแบบ PIFF สามารถลดเวลาการเข้าสู่สภาวะคงที่ได้ดีกว่าตัวควบคุมแบบ PIPI ถึงประมาณ 8 วินาที ซึ่งตอกย้ำบทบาทของ Feedforward ในการชดเชยการรบกวนและลดความหน่วงของระบบ ในส่วนของค่าผิดพลาดสภาวะอยู่ตัว พบว่าทั้งสองตัวควบคุมมีค่าที่ต่ำมากทุกระดับอ้างอิงหรือน้อยกว่า ±0.02 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามตัวควบคุมแบบ PIFF ให้ค่าผิดพลาดสภาวะอยู่ตัวมีความคงที่มากกว่าและมีแนวโน้มเข้าใกล้ศูนย์มากกว่า โดยเฉพาะในระดับต่ำที่ −2 และ −4 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่ระบบมีลักษณะไม่เชิงเส้นสูง ทำให้เห็นความได้เปรียบของตัวควบคุมแบบ PIFF ในการทำให้ระบบมีความเสถียรและแม่นยำ โดยภาพรวมผลการทดลองยืนยันว่าตัวควบคุมแบบ PIFF ให้ความแม่นยำ ความเสถียร และความสามารถในการลดโอเวอร์ชูตที่เหนือกว่าตัวควบคุมแบบ PIPI ดั้งเดิมอย่างชัดเจน แม้ว่าเวลาเวลาไต่ขึ้นอาจยาวขึ้น แต่การตอบสนองที่ราบเรียบกว่าและความสามารถในการควบคุมระดับน้ำได้อย่างแม่นยำมากขึ้นถือเป็นข้อได้เปรียบหลักของตัวควบคุมแบบ PIFF ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีว่าการใช้ Feedforward สามารถช่วยลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวนและช่วยให้ระบบติดตามสัญญาณอ้างอิงได้ดีขึ้นในทุกช่วงการทำงานของถัง

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมระดับน้ำแบบ PIPI และ PIFF สำหรับระบบถังทรงกระบอกแนวตั้งแบบ Non-Interactive โดยอาศัย PLC SIEMENS S7-1200 เป็นฮาร์ดแวร์ควบคุมจริงและชุดทดลองกระบวนการถังคู่ของ Quanser เป็นกระบวนการทางกายภาพ ผลการทดลองเชิงเปรียบเทียบที่ระดับน้ำอ้างอิง 10 เซนติเมตร และในช่วงการเปลี่ยนแปลงระดับ ±2 เซนติเมตร และ ±4 เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมแบบ PIFF ให้ประสิทธิภาพเหนือกว่าในหลายมิติ ทั้งในด้านการลดสัญญาณพุ่งเกิน การลดความผิดพลาดสภาวะอยู่ตัว และการเพิ่มความเสถียรภาพของระบบ เมื่อเทียบกับตัวควบคุมแบบ PIPI ดั้งเดิม แม้ว่าตัวควบคุมแบบ PIFF จะมีค่า Tr และ Tp มากกว่า เนื่องจากตัวชดเชยไปข้างหน้าทำให้สัญญาณควบคุมมีความราบเรียบและลดการกระชากของสัญญาณป้อนกลับ แต่ผลลัพธ์ที่เด่นชัดคือการลดสัญญาณพุ่งเกินและการเข้าสู่สภาวะคงตัวที่เร็วกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับอ้างอิง +15 เซนติเมตร ซึ่งตัวควบคุมแบบ PIFF สามารถลดเวลาเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวได้ดีกว่าตัวควบคุมแบบ PIPI ถึงประมาณ 8 วินาที ขณะที่ค่าความผิดพลาดสภาวะอยู่ตัวของตัวควบคุมแบบ PIFF มีค่าต่ำและใกล้ศูนย์ในทุกระดับอ้างอิง สะท้อนถึงความแม่นยำสูงในการติดตามสัญญาณอ้างอิง

นอกจากนี้ ผลลัพธ์ด้านดัชนีประสิทธิภาพเชิงปริมาณ เช่น IAE และ ITAE พบว่าตัวควบคุมแบบ PIFF ให้ค่าที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายถึงความสามารถในการลดความผิดพลาดสะสมตลอดช่วงเวลาได้ดีกว่า และมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนจากปั๊มน้ำหรือการเปลี่ยนแปลงโหลดมากกว่าตัวควบคุมแบบ PIFF จึงแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมอย่างยิ่งเมื่อใช้งานกับระบบที่มีความไม่เชิงเส้น ความล่าช้า และความแปรปรวนในการไหล เช่น ระบบถังน้ำในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะเมื่อทำงานภายใต้ฮาร์ดแวร์ PLC จริง ซึ่งต้องการโครงสร้างควบคุมที่เสถียรและเชื่อถือได้ โดยสรุปการรวม Feedforward เข้ากับ Cascade PI ช่วยเพิ่มความสามารถของระบบควบคุมระดับน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในเชิงความเสถียร ความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการชดเชยสัญญาณรบกวนล่วงหน้าในทฤษฎีควบคุมเชิงอุตสาหกรรม และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบจริง

เอกสารอ้างอิง

[1] Gouta H, Hadj Saïd S, Turki A, M'Sahli F. Experimental sensorless control for a coupled two-tank system using high gain adaptive observer and nonlinear generalized predictive strategy. *ISA Trans.* 2019;87:187-199.

[2] Yesil B, Sahin S. Real-time implementation of a microcontroller-based coupled-tank water level control system with feedback linearization and fuzzy logic controller algorithms. *Sensors.* 2025;25:1279.

[3] Yu S, Lu X, Zhou Y, Feng Y, Qu T, Chen H. Liquid level tracking control of three-tank systems. *Int J Control Autom Syst.* 2020;18:2630-2640.

[4] Prusty SB, Seshagiri S, Patra JP, Sahoo PR, Mahapatro SR. Sliding mode control of non-interacting two-tank system using conditional integrators. In: *2025 International Conference on Electronics, Computing, Communication and Control Technology (ICECCC);* 2025; Bengaluru, India. pp. 1-5.

[5] Hashim ZS, Khani HI, Azar AT, Khan ZI, Smait DA, Abdulwahab A, et al. Robust liquid level control of quadruple tank system: A nonlinear model-free approach. *Actuators.* 2023;12:119.

[6] Ding Y, Jia H, Zhang Y, Qiu B. High-order modeling, zeroing dynamics control, and perturbations rejection for non-linear double-holding water tank. *Mathematics.* 2023;11:2989.

[7] Torga DS, da Silva MS, Reis LA, Euze´bio TAM. Simultaneous tuning of cascade controllers based on nonlinear optimization. *Trans Inst Meas Control.* 2022;1–4:9376.

[8] Quanser. Coupled tanks. Available from: https://www.quanser.com/products/coupled-tanks/. Accessed 2025 Nov 13.

การตรวจจับความผิดปกติของระบบถังคู่ที่ควบคุมด้วย PLC โดยใช้ ANN

Fault detection for a PLC–controlled coupled–tank system using ANN

สาธิต มังคลาจารย์[1] ทักษิณ แสงสุวรรณ[1] วงศกร วงศาโรจน์[1] นที ทองอุ่น[1] และ วิทยา กุดแถลง[1*]

Satit Mangkalajan[1], Thaksin Sangsuwan[1], Wongsakorn Wongsaroj[1], Natee Thong–UN[1] and Wittaya Koodtalang[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural network, ANN) เพื่อตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการควบคุมระดับของของเหลวในระบบถังคู่ที่มีตัวควบคุมเป็น PLC (programmable logic controller) ซึ่งเป็นตัวควบคุมสำหรับอุตสาหกรรม โดยตัวตรวจจับ ANN ถูกสร้างขึ้นบนคอมพิวเตอร์โดยใช้ไลบรารี TensorFlow ที่เขียนด้วยภาษา Python ทำการเชื่อมต่อกับ PLC ผ่านโปรโตคอล Modbus TCP เพื่ออ่านค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของกระบวนการ ตัวตรวจจับถูกฝึกเพื่อเรียนรู้ค่าพารามิเตอร์ในช่วงที่กระบวนการทำงานปกติ โดยมีเอาต์พุตเป็นการทำนายค่าระดับของของเหลวในถังล่าง โดยมีค่า R^2 (coefficient of determination) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดรูปแบบการถดถอย (regression model) ในช่วงของการฝึกอยู่ที่ 0.999261 จากการทดลองเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของตัวตรวจจับที่ทำการฝึกแล้วในสภาพแวดล้อมการควบคุมจริง สามารถแจ้งเตือนความผิดปกติของระดับของเหลวในถังล่างของกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเวลาจริง เมื่อค่าของระดับที่วัดได้จริงมีความแตกต่างจากค่าที่ทำนายเกินกว่าค่าเกณฑ์ที่กำหนด อีกทั้งเทคนิคที่นำเสนอยังมีการแยกอิสระจากระบบควบคุมเดิมทำให้มีเสถียรภาพในการควบคุม และมีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำไปปรับใช้กับกระบวนการอื่นได้สะดวก

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียม, การตรวจจับความผิดปกติ, ระบบถังคู่, PLC

[1] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีเครื่องมือวัดและอัตโนมัติ (CEITA) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือวัดและพลังงานไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

[1] Center of Excellence on Instrumentation Technology and Automation (CEITA), Department of Instrumentation and Electrical Energy Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

*Corresponding author: wittaya.k@eng.kmutnb.ac.th

Abstract

This research presents the application of an artificial neural network (ANN) for fault detection in the liquid level control of a PLC-controlled coupled-tank process. The ANN-based detector is implemented on a computer using the TensorFlow library in Python and communicates with the PLC through the Modbus TCP protocol in order to read process parameters. The detector is trained on normal operating data to learn the relationship among process variables, with the output being the predicted liquid level in the lower tank. The regression model achieves an R^2 value of 0.999261 during training. From the experimental results used to validate the performance of the trained detector in a real-world control environment, the system can effectively and real-time detect the fault of liquid-level in the lower tank whenever the measured level deviates from the predicted value exceeds a predefined threshold. Moreover, the proposed technique operates independently from the existing control system, ensuring control stability and providing high flexibility, making it easily adaptable for other industrial processes.

Keywords: Artificial Neural Network (ANN), Fault Detection, Coupled-Tank System, PLC

บทนำ

ระบบถังคู่ (coupled-tank system) หรือ กระบวนการแบบถังคู่ เป็นกระบวนการที่ต้องการควบคุมระดับของของเหลว เพื่อการจัดเก็บ แปรรูป หรือส่งผ่านของเหลว โดยในระบบมีถังจำนวนสองถังเชื่อมต่อถึงกัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ และมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในหลากหลายอุตสาหกรรม [1] ดังนั้นการทราบความผิดปกติของกระบวนการแบบทันที จะทำให้ผู้ดูแลสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้อย่างทันท่วงที ส่งผลทำให้ช่วยในเรื่องของประสิทธิภาพในการผลิตสินค้า การช่วยไม่ให้ต้นทุนสูงเกินความจำเป็น รวมถึงในด้านของความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมด้วย [2] เพื่อเป็นการควบคุมระบบถังคู่ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ความทนทาน และมีความน่าเชื่อถือ จึงทำให้ตัวควบคุมที่ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น PLC หรือ ตัวควบคุม PID เป็นตัวควบคุมที่ได้รับความนิยม และความไว้วางใจในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง [3]-[4] ในปัจจุบันเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence, AI) มีบทบาทสำคัญทั้งในชีวิตประจำวัน การศึกษา การเงินการธนาคาร การแพทย์ การบริการ รวมถึงภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคอุตสาหกรรม 4.0 หรือ industry 4.0 ที่มีการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายรูปแบบ ทั้งการผลิตแบบปรับตัวได้ (adaptive manufacturing) การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (predictive maintenance) การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ และการควบคุมคุณภาพที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ [5] การตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการผลิต (fault detection) เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งในงานวิศวกรรมอัตโนมัติ โดยมีเป้าหมายเพื่อระบุความผิดปกติในการทำงานของระบบ โดยจะให้คำตอบเป็น ปกติ หรือ ผิดปกติ ซึ่งจะแตกต่างจากการวินิจฉัยความผิดปกติ (fault diagnosis) ที่มุ่งเน้นการตรวจสอบเพื่อหาต้นเหตุและลักษณะของความผิดปกติที่เกิดขึ้น การตรวจจับความผิดปกติสามารถทำได้สามวิธีหลัก คือ วิธีฐานความรู้ (knowledge-based) วิธีฐานแบบจำลอง (model-based) วิธีฐานข้อมูล (data-driven) โดยปกติแล้วใน PLC มักมีระบบแจ้งเตือนที่อาศัยวิธีฐานความรู้ ด้วยการกำหนดกฎไว้ล่วงหน้าจากผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์ เพื่อให้สามารถแจ้งเตือนความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถตรวจจับสถานการณ์ที่รู้จักได้เพียงจำนวนจำกัด และอาจไม่สามารถตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ยากหรือไม่คาดคิด สำหรับวิธีฐานแบบจำลองต้องอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าความผิดปกติระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าจริงของกระบวนการ ซึ่งต้องอาศัยค่าความแม่นยำอย่างสูงของแบบจำลอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้การตรวจจับ

ความผิดปกติด้วยวิธีแบบฐานข้อมูล เนื่องจากไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดกฎล่วงหน้า และไม่ต้องอาศัยแบบจำลองที่ทำได้ยากในกระบวนการผลิตสมัยใหม่ที่มีความสลับซับซ้อน [6]

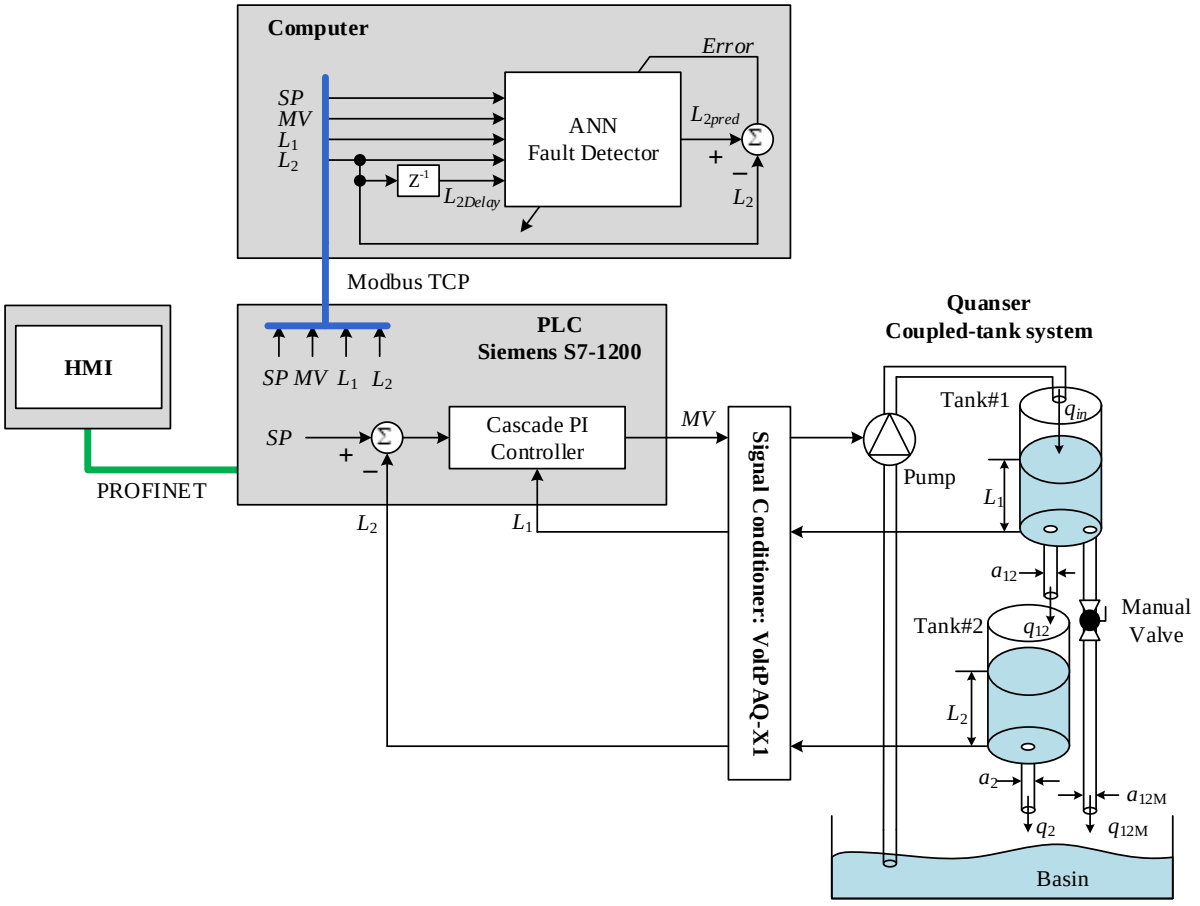
การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) คือ เทคนิคหนึ่งในปัญญาประดิษฐ์ ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการตรวจจับความผิดปกติด้วยวิธีฐานข้อมูล เพื่อแจ้งเตือนข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบ เนื่องจากไม่ต้องการแบบจำลองของกระบวนการ มีความสามารถในการทราบรูปแบบของข้อมูลที่มากมายมหาศาลในอุตสาหกรรมได้อย่างรวดเร็ว ทำงานได้ดีแม้ตัวอย่างข้อมูลที่ผิดปกติจะมีน้อย และสามารถทำการตรวจจับความผิดปกติได้แบบรียลไทม์ (real-time fault detection) [7] ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ได้มีนักวิจัยหลายคนนำเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องไปประยุกต์เพื่อตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการควบคุมระดับของของเหลวแบบหลายถัง เช่น ในเอกสารอ้างอิงที่ [8] มีการใช้โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิคของการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อตรวจจับความผิดปกติของเซนเซอร์ของกระบวนการควบคุมระดับแบบสามถัง โดยสามารถปรับเปลี่ยนค่าเกณฑ์เพื่อการแจ้งเตือนได้อย่างอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพ ในเอกสารอ้างอิงที่ [9] มีการผสมระหว่างการใช้โครงข่ายประสาทเทียมและเทคนิคโหมดสไลด์แบบไดนามิกลำดับสูง (HOSM) เพื่อสร้างระบบตรวจจับข้อผิดพลาดทั้งของเซนเซอร์ และตัวขับเคลื่อน (actuator) ของระบบสามถัง โดยเอกสารอ้างอิงที่กล่าวมามีการจำลองผลเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอ อย่างไรก็ตาม ในเอกสารอ้างอิงที่ [10] มีการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อตรวจจับความผิดปกติของระบบถังคู่ในสภาพการทำงานจริง มีการเชื่อมต่อทั้งเซนเซอร์และตัวขับผ่านโปรโตคอล Foundation Fieldbus เข้าไปยังคอมพิวเตอร์สำหรับส่วนกำกับดูแลระบบ (supervisory) เพื่อการควบคุมระดับ โดยตัวตรวจจับถูกสร้างขึ้นบนคอมพิวเตอร์ตัวเดียวกันผ่านการสื่อสารด้วย OPC ซึ่งระบบสามารถตรวจจับความผิดปกติได้แบบเรียลไทม์และมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ดีการควบคุมในอุตสาหกรรมสมัยใหม่มักใช้การแยกตัวควบคุมออกจากส่วนกำกับดูแล เพื่อความยืดหยุ่นและความมีเสถียรภาพของระบบ สังเกตได้ว่าหลายงานวิจัยมีการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับระบบตรวจจับความผิดปกติอันเนื่องมาจากเทคนิคนี้สามารถเรียนรู้ระบบแบบหลายอินพุต/หลายเอาต์พุต ทั้งแบบเชิงเส้น และไม่เป็นเชิงเส้นได้เป็นอย่างดี รวมถึงมีความยืดหยุดในการปรับโมเดลได้ง่าย โดยการเพิ่ม/ลด ทั้งจำนวนชั้น (layer) และจำนวนเซลล์ประสาทเทียม (neuron) ให้เหมาะสมกับแต่ละงาน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบโครงข่ายประสาทเทียม ในการตรวจจับความผิดปกติของการควบคุมระดับของของเหลวด้วย PLC รุ่น SIEMENS S7-1200 ในระบบถังคู่ของบริษัท Quanser โดยทำการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมทั้งในด้านประสิทธิภาพในการตรวจจับ และการประมวลผลที่รวดเร็วเพื่อการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ โดยตัวตรวจจับต้องสามารถเรียนรู้และทำนายค่าของระดับน้ำถังล่างได้อย่างแม่นยำ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าระดับที่วัดได้จริง เมื่อค่าความต่างของค่าทั้งสองเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด หมายความว่าระดับของของเหลวถังล่างซึ่งเป็นระดับที่ต้องควบคุมให้เป็นไปตามค่าจุดกำหนด (setpoint) นั้น มีความผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งตัวตรวจจับจะถูกสร้างขึ้นในคอมพิวเตอร์สำหรับส่วนกำกับดูแล โดยอาศัยไลบรารี TensorFlow และภาษา Python ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์และเป็นภาษาการเขียนโปรแกรมแบบเปิดที่สามารถใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยตัวตรวจจับ ANN ทำงานอิสระแยกกันกับ PLC เพื่อความยืดหยุ่นและความมีเสถียรภาพของระบบควบคุม มีการสื่อสารกันผ่านโปรโตคอล Modbus TCP ซึ่งเป็นโปรโตคอลแบบเปิดสำหรับการสื่อสารในอุตสาหกรรม ในงานวิจัยอธิบายถึงคุณลักษณะ (feature) ที่สำคัญของข้อมูลเพื่อใช้ในการฝึกตัวตรวจจับ รวมถึงการอธิบายถึงกระบวนการในการฝึก และการใช้ตัวตรวจจับเพื่อการแจ้งเตือนความผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยมีการทดลองผลผ่านสภาพแวดล้อมการควบคุมจริงเพื่อยืนยันถึงประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอ

วิธีวิทยาการวิจัย

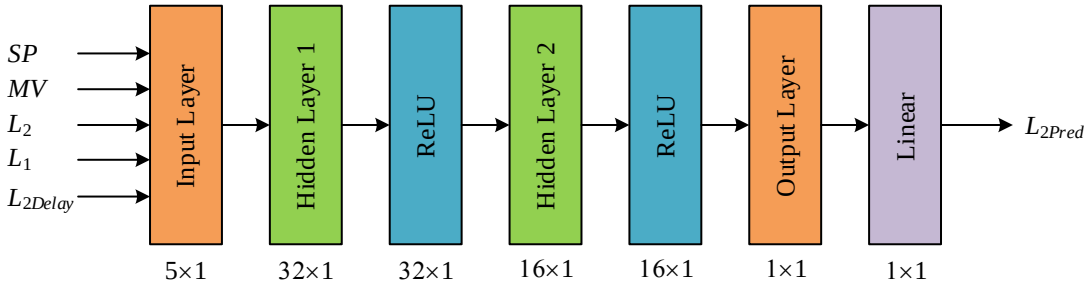
ในภาพที่ 1 แสดงภาพรวมของระบบที่นำเสนอ โดยประกอบไปด้วยส่วนสำคัญด้วยกันอยู่ 5 ส่วน คือ (1) กระบวนการถังคู่ ของบริษัท Quanser (2) ตัวปรับแต่งสัญญาณสำหรับกระบวนการถังคู่ รุ่น VoltPAQ-X1 (3) PLC รุ่น SIEMENS S7-1200 (4) หน้าจอแสดงผล HMI และ (5) คอมพิวเตอร์ ในภาพแสดงถึงการควบคุมระดับของของเหลวด้วย PLC โดยใช้เทคนิคการควบคุมแบบ Cascade PI ซึ่งรับค่าระดับของของเหลวจากถังบน L_1 และถังล่าง L_2 โดยตัวควบคุมจะทำการปรับค่า MV เพื่อสั่งงานปั๊มทำงานให้เหมาะสม วัตถุประสงค์ของการควบคุมคือให้ค่าของ L_2 มีค่าเท่ากันกับค่าที่กำหนด SP โดยมีการแสดงกราฟฟิกและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของกระบวนการที่หน้าจอ HMI ผ่านการเชื่อมต่อด้วยโปรโตคอล PROFINET นอกจากนี้ค่าพารามิเตอร์จำนวน 4 พารามิเตอร์ คือ SP, MV, L_1 และ L_2 ถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านโปรโตคอล Modbus TCP ในคอมพิวเตอร์มีการเพิ่มค่า L_2 ให้มีความหน่วงหนึ่งจังหวะ (delay) เรียกว่า L_{2delay} นั่นหมายความว่ามีอินพุตจำนวน 5 พารามิเตอร์ เพื่อใช้ฝึกตัวตรวจจับข้อผิดพลาดของกระบวนการ โดยค่าเอาต์พุตมีเพียงค่าเดียว คือ ค่าระดับของ L_2 จากการทำนาย เรียกว่า L_{2pred} โดยจะมีความใกล้เคียงกับ L_2 จากการวัดจริง ค่าความแตกต่างของ L_2 และ L_{2pred} เรียกว่า Error จะใช้ในการปรับน้ำหนัก (weight) และค่าไบแอส (bias) ของโมเดล ANN ที่สร้างขึ้นในขั้นตอนของการฝึก



ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบที่นำเสนอ

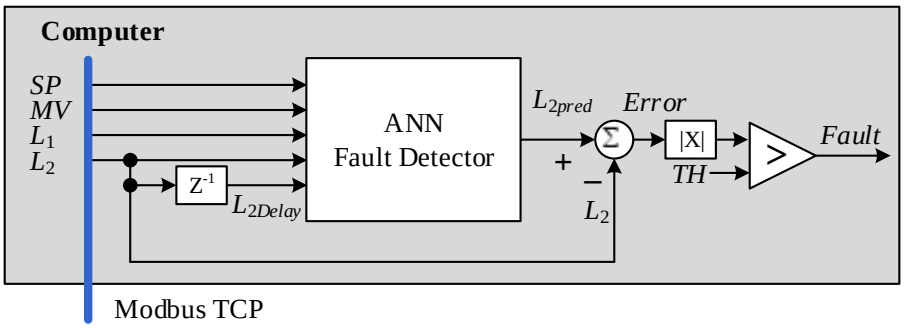
ในภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของตัวตรวจจับที่สร้างจากโครงข่ายประสาทเทียม มีจำนวนข้อมูลอินพุต 5 พารามิเตอร์ดังที่กล่าวมาแล้ว มีชั้นซ่อน (hidden layer) จำนวน 2 ชั้น โดยมีจำนวนเซลล์ประสาทเทียมเป็น 32 และ 16 หน่วย ของแต่ละชั้นตามลำดับ ทั้งคู่ใช้ฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) แบบ ReLU (Rectified Linear Unit) โดย

ตัวตรวจจับทำการทำนายเอาต์พุตเป็นแบบการถดถอยเพื่อทำให้ค่าทำนาย L_{2Pred} มีความใกล้เคียงกับ L_2 มากที่สุด โดยใช้ฟังก์ชันกันตุ้นแบบ Linear



ภาพที่ 2 โครงสร้างของตัวตรวจจับที่สร้างจากโครงข่ายประสาทเทียม

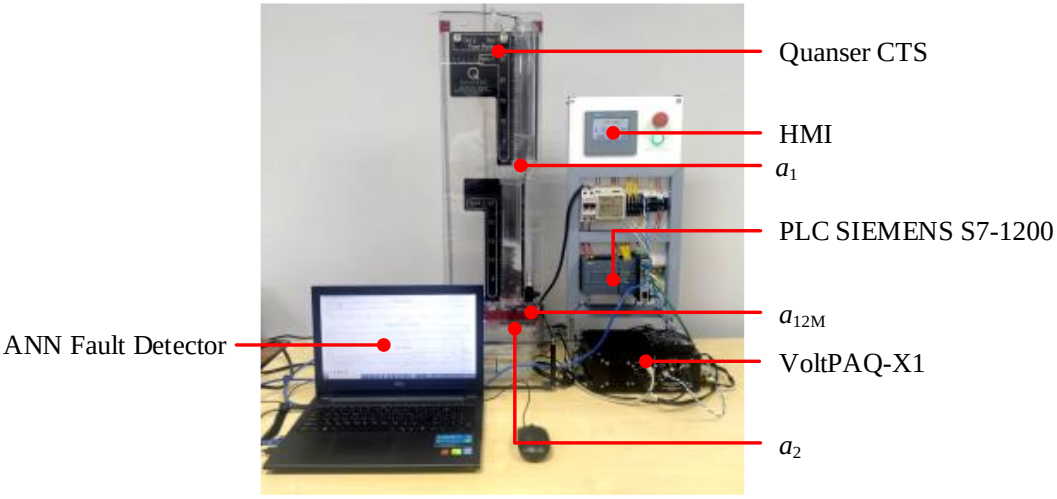
ในขั้นตอนของการทำนาย รูปแบบของตัวตรวจจับ ANN ในคอมพิวเตอร์สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3 โดย Error จากค่าความต่างของ L_2 และ L_{2Pred} จะถูกนำไปทำให้เป็นค่าสัมบูรณ์ (absolute) เพื่อไปเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์ (TH) ด้วยตัวเปรียบเทียบ (comparator) หากเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นั่นหมายถึงมีความผิดปกติเกิดขึ้น ตัวตรวจจับจะทำการแจ้งเตือนทันที



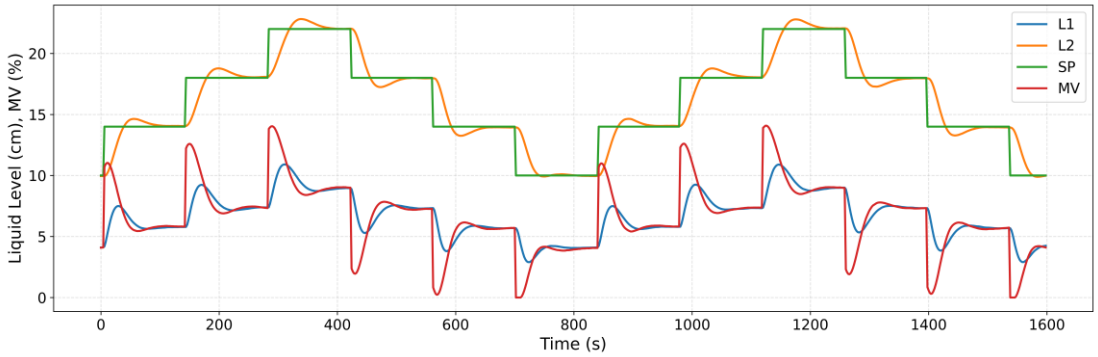
ภาพที่ 3 โครงสร้างของตัวตรวจจับในขั้นตอนของการทำนาย

ผลการศึกษา

เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอ ภาพรวมของระบบตามแสดงในภาพที่ 1 สามารถสร้างขึ้นจริงดังแสดงในภาพที่ 4 ในการทดลองมีการตั้งค่าจุดกำหนดของระดับ L_2 ให้เป็นขั้นบันได จำนวน 6 ระดับ ทำงานเป็นวงรอบ คือ 10, 14, 18, 22, 18, 14 ในหน่วยเซนติเมตร ในแต่ละระดับใช้เวลา 80 วินาที ก่อนเปลี่ยนไประดับถัดไป จากนั้นทำการบันทึกพารามิเตอร์ของกระบวนการด้วยคอมพิวเตอร์ในสถานการณ์ที่ไม่มีความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น ค่าที่บันทึกประกอบด้วย SP, MV, L_1, L_2 ในรูปแบบไฟล์ .CSV ทุกๆ 2 วินาที โดยทำการบันทึก 10 รอบการทำงาน โดยในที่นี้ กราฟตัวอย่างของข้อมูลที่บันทึกไว้จำนวน 2 รอบการทำงานสำหรับฝึกตัวตรวจจับ ANN ที่นำเสนอสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5 ทั้งนี้ MV ถูกสเกลจาก 0–100% เป็น 0–30% เพื่อการแสดงผลในกราฟเท่านั้น โดยตัวตรวจจับความผิดพลาด ANN ในงานวิจัยนี้สร้างขึ้นจากการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python ร่วมกับการใช้ไลบารี TensorFlow ซึ่งเป็นภาษาการเขียนโปรแกรมและไลบรารีแบบเปิด ไม่มีค่าใช้จ่าย และสะดวกในการสร้างโมเดล ANN

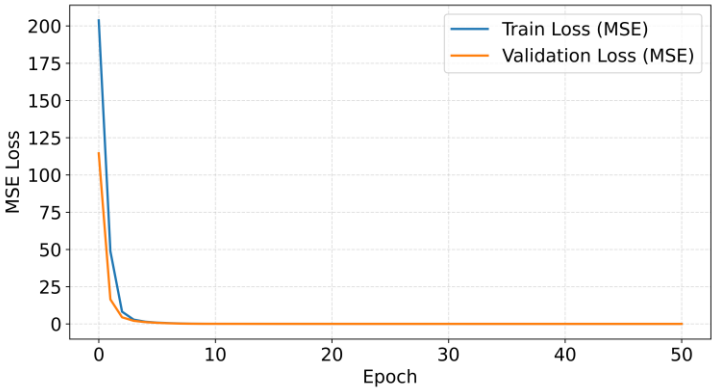


ภาพที่ 4 ระบบที่นำเสนอที่ถูกสร้างขึ้นจริง



ภาพที่ 5 ตัวอย่างของข้อมูลที่บันทึกไว้จำนวน 2 รอบการทำงานสำหรับฝึกตัวตรวจจับ

ขั้นตอนต่อมาทำการฝึกตัวตรวจจับที่ออกแบบไว้ดังแสดงแล้วในภาพที่ 2 ในขั้นตอนนี้ต้องมีการสร้างอินพุตเพิ่ม 1 พารามิเตอร์ คือ การหน่วงค่าของ L_2 ให้ช้าลง 1 จังหวะ หมายความว่า ตอนนี้มีพารามิเตอร์เพื่อฝึกโมเดลจำนวน 5 พารามิเตอร์ จากนั้นทำการแบ่งข้อมูล 80% สำหรับการฝึก และอีก 20% สำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง (validation) ใช้จำนวนรอบการฝึก (epoch) ที่ 50 รอบ หลังจากเสร็จสิ้น ผลของ Loss ต่อรอบการฝึกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6 สังเกตได้ว่าโมเดลเริ่มลู่เข้า (เรียนรู้ค่าเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต) เมื่อรอบการฝึกประมาณรอบที่ 10 และแสดงตัวชี้วัดการถดถอยบนชุดทดสอบแบบต่างๆ ได้ดังตารางที่ 1 โดยมีค่า คือ MSE = 0.010770, RMSE = 0.103777, MAE = 0.074238 และ R^2 = 0.999261 บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของตัวตรวจจับที่มีประสิทธิภาพสูงมาก และสามารถเรียนรู้ได้อย่างสมบูรณ์

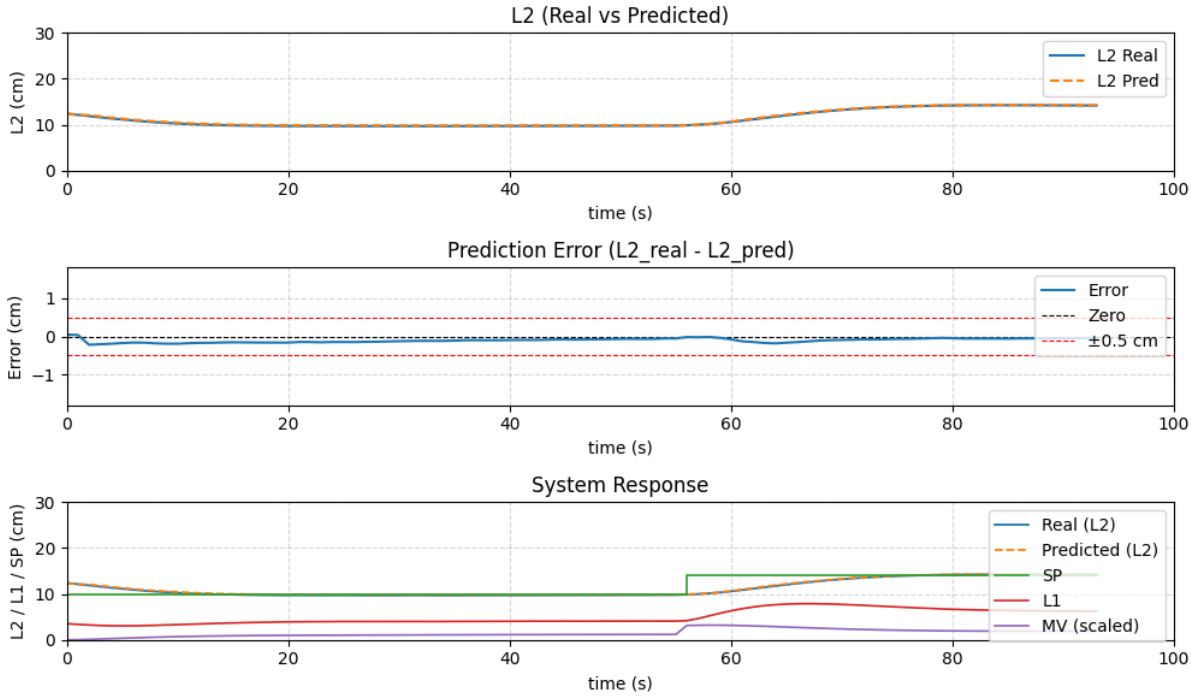


ภาพที่ 6 ค่าการสูญเสีย (Loss (MSE)) ต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบการฝึก (Epoch)

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดการถดถอยบนชุดทดสอบ

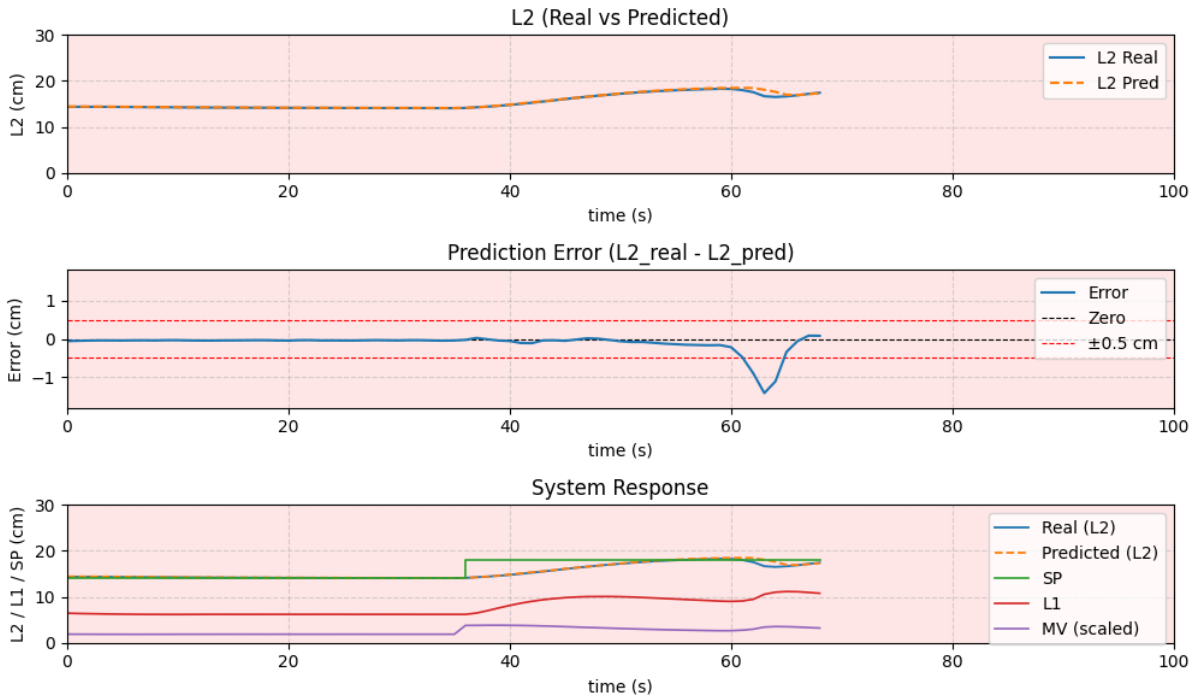
ตัวชี้วัด	ความหมาย	ค่าที่วัดได้
MSE	Mean Squared Error	0.010770
RMSE	Root Mean Squared Error	0.103777
MAE	Mean Absolute Error	0.074238
R^2	Coefficient of Determination	0.999261

เมื่อได้ฝึกตัวตรวจจับให้เรียนรู้ข้อมูลเป็นอย่างดีแล้ว จากนั้นทำการทดลองเพื่อทดสอบการแจ้งเตือนของตัวตรวจจับ ANN ในกรณีต่าง ๆ แบบเรียลไทม์ เพื่อให้ตัวตรวจจับที่ถูกสร้างขึ้นในคอมพิวเตอร์ แจ้งเตือนทันทีเมื่อการควบคุมระบบถังคู่ด้วย PLC มีความผิดปกติ โดยมีตัวอย่างแสดง 4 กรณี คือ (1) กรณีปกติ แสดงในภาพที่ 7 โดยกราฟบนแสดงค่า L_2 และค่า L_{2Pred} ที่เหมือนกันมาก แสดงความต่างของค่าทั้งสองด้วย Error ที่เกือบจะเป็นศูนย์ โดยแสดงในกราฟตรงกลางของภาพ สังเกตว่า ค่า Error ที่เกิดขึ้นยังอยู่ภายในเกณฑ์ที่ตั้งขึ้น คือ มีค่าระหว่าง ±0.5 ซม. สำหรับกราฟล่างแสดงค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของการควบคุมระบบถังคู่ด้วย PLC รวมถึงค่า L_{2Pred} ด้วย

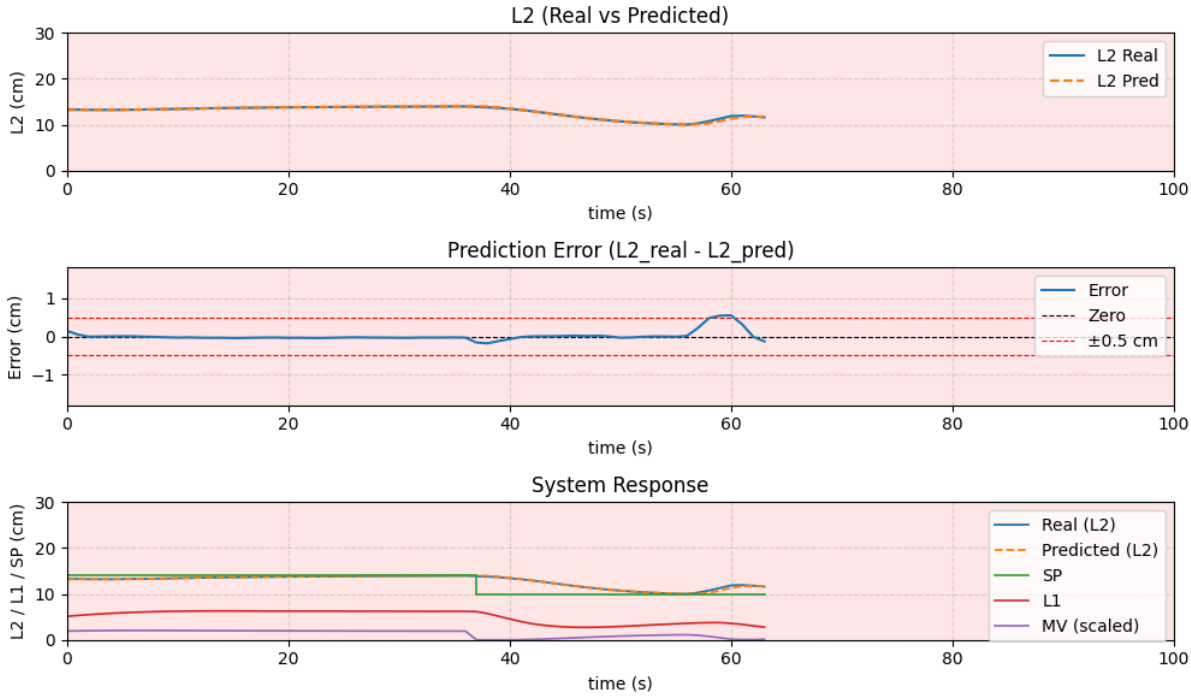


ภาพที่ 7 ผลการจำลองกรณีที่กระบวนการอยู่ในสภาวะปกติ

ในกรณีที่ (2) และ (3) ทำการทดลองด้วยการทำให้พื้นที่หน้าตัดของ a_1 และ a_2 ตามที่แสดงในภาพที่ 1 และ 4 มีความแคบกว่าปกติ จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันของค่า L_2 และ L_{2Pred} อย่างชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 8 และภาพที่ 9 ทำให้ค่า Error เกินกว่า –0.5 ซม. และ 0.5 ซม. ตามลำดับ ทำให้กราฟแสดงสีแดงทันที เพื่อแสดงถึงความผิดปกติ

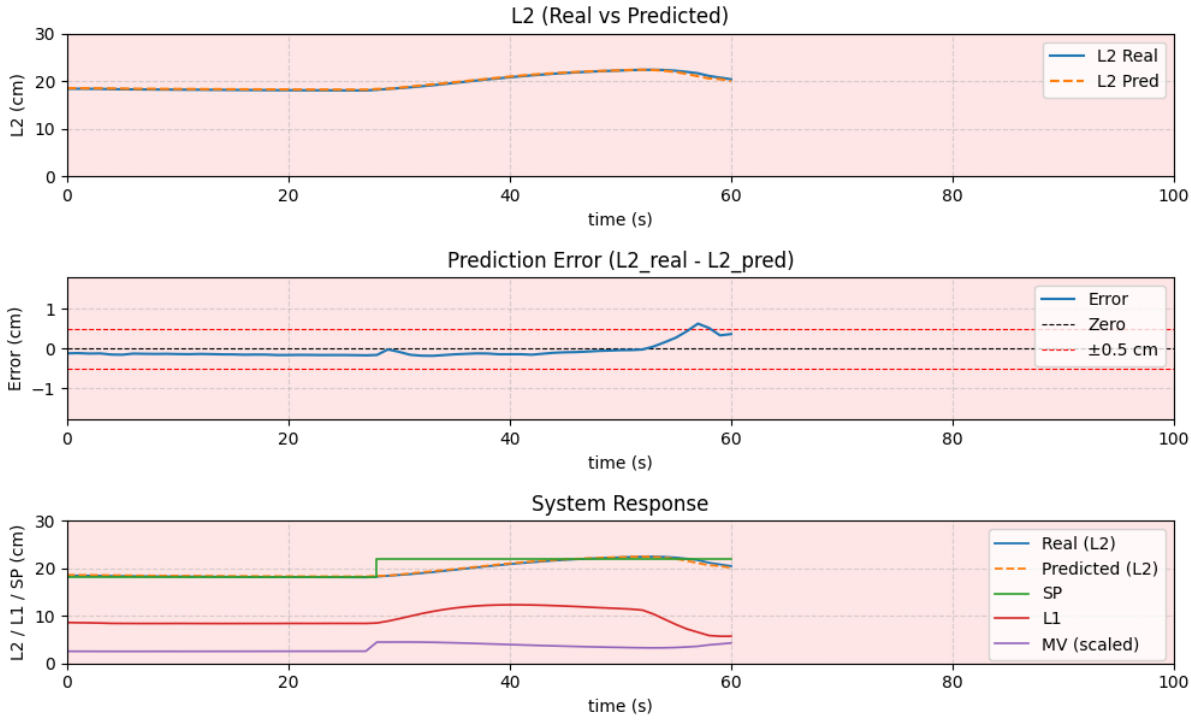


ภาพที่ 8 ผลการจำลองกรณีที่พื้นที่หน้าตัดของ a_1 แคบกว่าปกติ



ภาพที่ 9 ผลการจำลองกรณีที่พื้นที่หน้าตัดของ a_2 แคบกว่าปกติ

และในกรณีที่ (4) ทำการเปิด manual valve เพื่อทำให้พื้นที่หน้าตัดของ a_{12M} มีความกว้างมากกว่าปกติ จะส่งผลทำให้ค่า Error มากกว่า 0.5 ซม. ดังแสดงในภาพที่ 10 ทำให้ตัวตรวจจับแสดงกราฟฟิกสีแดงเพื่อเป็นการแจ้งเตือน ว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้น



ภาพที่ 10 ผลการจำลองกรณีที่พื้นที่หน้าตัดของ a_{12M} กว้างกว่าปกติ

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาตัวตรวจจับความผิดปกติของระดับของเหลวในระบบถังคู่โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม ทำงานร่วมกับ PLC รุ่น SIEMENS S7-1200 ที่ใช้ในการควบคุมระดับของเหลว ตัวตรวจจับ ANN ถูกพัฒนาขึ้นบนคอมพิวเตอร์โดยใช้ไลบรารี TensorFlow และภาษา Python โดยสื่อสารกับ PLC ผ่านโปรโตคอล Modbus TCP เพื่อให้สามารถทำงานตรวจจับความผิดปกติได้แบบเรียลไทม์ และแยกอิสระจากระบบควบคุมหลักเพื่อความมีเสถียรภาพ และความยืดหยุ่นของการควบคุมระดับในระบบถังคู่ โครงข่ายประสาทเทียมที่ออกแบบประกอบด้วยพารามิเตอร์อินพุต 5 ตัว ได้แก่ SP, MV, L_1, L_2 และค่า L_{2Delay} ซึ่งรับค่ามาจาก PLC จำนวน 4 พารามิเตอร์ และเพิ่มในคอมพิวเตอริอีก 1 พารามิเตอร์ โดย ANN ที่ออกแบบมีชั้นซ่อน 2 ชั้น ประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียมจำนวน 32 และ 16 หน่วย ตามลำดับ พร้อมฟังก์ชันกระตุ้นแบบ ReLU และฟังก์ชันเชิงเส้นแบบ Linear ในชั้นเอาต์พุตเพื่อทำนายระดับ L_{2Pred} ในสภาวะปกติ โมเดลถูกฝึกด้วยข้อมูลที่ได้จากการทดลองจริงของระบบถังคู่ โดยผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าโมเดลลู่เข้ารวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงมาก โดยมี MSE = 0.010770, RMSE = 0.103777, MAE = 0.074238 และ R^2 = 0.999261 ซึ่งสะท้อนถึงความแม่นยำระดับสูงในการทำนายค่าระดับของเหลว L_2 จากนั้นทำการทดสอบในสถานการณ์จริง 4 กรณี ทั้งในสภาวะปกติ และสภาวะผิดปกติที่เกิดจากการทำให้พื้นที่หน้าตัดของส่วนต่าง ๆ ของระบบ (a_1, a_2, a_{12M}) เปลี่ยนไปจากสภาวะปกติ พบว่าตัวตรวจจับสามารถแยกแยะสภาวะปกติและผิดปกติได้อย่างชัดเจน โดยค่า Error ระหว่าง L_2 และ L_{2Pred} ถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์ (กำหนดเป็น ±0.5 ซม.) และเกิดการแจ้งเตือนทันทีเมื่อพบความผิดปกติ การทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าตัวตรวจจับ ANN ที่นำเสนอสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมการควบคุมจริง ให้ผลการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ และมีความยืดหยุ่นสูงในการประยุกต์กับกระบวนการอุตสาหกรรมอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] สาธิต มังคลาจารย์ ทักษิณ แสงสุวรรณ และ วิทยา กุดแถลง "การควบคุมระดับของของเหลวในระบบถังคู่โดยใช้ HILS ร่วมกับโปรโตคอลมอดบัส" ประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 13, 24-26 มกราคม 2567, พะเยา, ประเทศไทย.

[2] B. Yeşil, "Real-Time Implementation of a Microcontroller-Based Coupled-Tank Water Level Control System with Feedback Linearization and Fuzzy Logic Controller Algorithms," Sensors, vol. 25, no. 5, p. 1279, Mar. 2025

[3] E.G. Walters and E.J. Bryla, "Software Architecture and Framework for Programmable Logic Controllers: A Case Study and Suggestions for Research," Machines, vol. 4, no. 2, p. 13, 2016.

[4] M. A. Sehr et al., "Programmable Logic Controllers in the Context of Industry 4.0," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 17, no. 5, pp. 3523-3533, May 2021.

[5] Ahmmed, Md Sazol, Sriram Praneeth Isanaka, and Frank Liou. 2024. "Promoting Synergies to Improve Manufacturing Efficiency in Industrial Material Processing: A Systematic Review of Industry 4.0 and AI," Machines 12, no. 10: 681.

[6] Leite, Denis, Emmanuel Andrade, Diego Rativa, and Alexandre M. A. Maciel. 2025. "Fault Detection and Diagnosis in Industry 4.0: A Review on Challenges and Opportunities," Sensors 25, no. 1: 60.

[7] Arpitha, V., and A. K. Pani. 2022. "Machine Learning Approaches for Fault Detection in Semiconductor Manufacturing Process: A Critical Review of Recent Applications and Future Perspectives." Chemical and Biochemical Engineering Quarterly 36: 1–16.

[8] S. Nagarajan, B. Karthikeyan and S. Sobana, "Neural network based dynamic threshold generator for sensor failure detection in a three tank interacting level process," 2017 Trends in Industrial Measurement and Automation (TIMA), Chennai, India, 2017

[9] O. Dhaou, L. Sidhom and A. Abdelkrim, "Dynamic neural network for detection and identification actuator and sensor faults," 2 0 1 8 International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC_ASET), Hammamet, Tunisia, 2018, pp. 107–112

[10] R. G. Fernandes, D. R. C. Silva, L. A. H. G. de Oliveira and A. D. D. Neto, "Fault Neural Classifier Applied to a Level Control Real System," 2007 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vigo, Spain, 2007, pp. 1761–1766

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโรเตอร์เครื่องคัดแยกขยะแบบเหวี่ยงด้วยแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

Strength analysis of a rotor of centrifugal waste separator machine using finite element model

วิชพลญ์ ฟักแก้ว[1] สุทธินันท์ ศรีรัตยาวงศ์[1] อภิวิชญ์ ขันพันธุ์[1] ดุสิต อังกุรบุตร์[2] และ สุธรรม อรุณ[1*]
Wichaphon Fakkeaw[1], Sutthinan Srirattayawong[1], Apiwit Khanphan[1], Dusit Aungkurabrut[2] and Sutham Arun[1*]

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของโรเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญของเครื่องคัดแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยง ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่สามารถเพิ่มสมรรถนะในการจัดการขยะประเภทถุงพลาสติกได้ โครงสร้างของเครื่องคัดแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยงมีลักษณะเป็นเครื่องเป่า (Blower) ด้านล่างของห้องคัดแยกมีการเจาะรูเป็นลักษณะของตะแกรง โรเตอร์มีลักษณะเป็นใบพัดของพัดลมแบบไหลตามแกนหลายตัวต่ออนุกรมบนเพลายาวเดียวกัน รองรับด้วยตลับลูกปืน (Ball bearing) ที่หัวท้ายเท่านั้น เมื่อถุงพลาสติกที่เปื้อนเศษอาหารถูกป้อนเข้าเข้าสู่ห้องคัดแยกขยะจะถูกใบพัดหมุนเหวี่ยงทำให้เศษอาหารที่มีขนาดเล็กและความหนาแน่นมากกว่าจะถูกสลัดออก และร่วงออกทางรูตะแกรงด้านล่าง เมื่อเศษอาหาร น้ำ หรือ น้ำมันถูกสลัดออกจากถุงพลาสติกมากเพียงพอ ถุงพลาสติกจะมีน้ำหนักเบาและสามารถปลิวไปตามแรงลมและถูกพ่นออกทางปล่องที่อยู่อีกด้านหนึ่งของห้องคัดแยกขยะ ซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นขยะเชื้อเพลิงต่อไป เนื่องจากโรเตอร์เครื่องคัดแยกขยะมีความยาวมากแต่มีจุดรองรับเพียงสองจุด และทำงานที่ความเร็วรอบสูง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่าเครื่องคัดแยกขยะสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยการประเมินความแข็งแรงของโรเตอร์จึงเป็นสิ่งจำเป็น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นในโรเตอร์เครื่องคัดแยกขยะในขณะที่หมุนด้วยความเร็วสูง โดยกำหนดให้โรเตอร์รับภาระที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ผลจากการวิเคราะห์จะใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มวัสดุเสริมแรงเพื่อลดความเค้นเฉพาะจุด และลดการใช้วัสดุส่วนของชิ้นส่วนที่เกิดความเค้นต่ำ ผลการจำลองความแข็งแรงของโรเตอร์ที่ความเร็วรอบ 450 rpm พบว่าโรเตอร์ของเครื่องคัดแยกขยะสามารถทำงานได้ปลอดภัย (SF= 2.5) โดยค่าความเค้นจะมีค่าสูงที่บริเวณขอบด้านนอกของแผ่นเพลทและบริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างแผ่นเพลทแปดเหลี่ยมและแผ่นเพลทสี่เหลี่ยมโดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 24.1 MPa

คำสำคัญ: เครื่องคัดแยกขยะแบบแรงเหวี่ยง, การประเมินความแข็งแรง, แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

[1] วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
[2] บ.ยูนิมิต เอนจิเนียริ่ง จำกัด (มหาชน) แผนก Factory support จังหวัดชลบุรี 20000
*Corresponding author : sutham.ar@up.ac.th

Abstract

This paper aims to analyze the strength of the rotor which is the main part of a centrifugal waste separator machine, a crucial technology capable of enhancing the performance of plastic bag waste management. The structure of the centrifugal waste separator resembles a blower, with the bottom of the separation chamber drilled in a grate-like pattern. The rotor, characterized by multiple axial fan blades serially attached to a single shaft, is supported by ball bearings at both ends. When plastic bags contaminated with food scraps are fed into the separation chamber, the spinning blades centrifugally force the high-density food particles out of the plastic bag. The separated food particles then fall through the grate holes. As food scraps, water, or oil are sufficiently expelled from the plastic bags, they become light enough to be carried by the airflow and ejected through a duct on the other side of the separation chamber, destined for use as refuse-derived fuel. Given the rotor of the waste separation machine is notably long yet supported at only two points, operates at high rotational speeds, assessing the rotor's strength is essential to ensure the machine's safe operation. This research introduces a finite element model designed to analyze the stress experienced by the rotor during high-speed rotation. The findings will guide improvements in material selection to minimize stress concentrations and optimize the use of materials in areas experiencing lower stress. The simulation results of the rotor strength at a rotational speed of 450 rpm found that the rotor of the garbage sorting machine can operate safely (SF= 2.5). The stress value is high at the outer edge of the plate and at the interface between the octagonal plate and the square plate, with a maximum value of 24.1 MPa.

Keywords: waste separator machine, strength assessment, finite element model

บทนำ

พลาสติกมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในชีวิตประจำวัน พลาสติกมีน้ำหนักเบา ทนทาน มีความยืดหยุ่นสูง แผ่นฟิล์มพลาสติกนิยมนำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์หรือของใช้แบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง เนื่องจากมีราคาถูก พลาสติกที่ใช้แล้วก่อให้เกิดปริมาณขยะพลาสติกเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมเนื่องจากขยะพลาสติกย่อยสลายได้ยากและย่อยสลายได้ช้ามาก

ปริมาณขยะชุมชนในประเทศไทยเกิดขึ้นประมาณปีละ 25.7 ล้านตัน/ปี หรือประมาณ 7 หมื่นตัน/วัน [1] กระจายตัวตามภูมิภาคต่าง ๆ และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ในช่วงปี พ.ศ. 2563 -2564 เกิดสถานการณ์แพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่า (COVID-19) รัฐบาลมีการประกาศล็อกดาวน์ ทำให้ประชาชนนิยมใช้บริการสั่งซื้อสินค้าและอาหารผ่านระบบออนไลน์ ถึงแม้สถานการณ์คลี่คลายแล้ว แต่พฤติกรรมการสั่งซื้อสินค้าและอาหารผ่านระบบออนไลน์ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้ขยะมูลฝอยประเภทบรรจุภัณฑ์พลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (Single use plastic) ยังคงมีปริมาณสูง [1] สัดส่วนขยะพลาสติกและกระดาษจาก จากชุมชนเมือง ชุมชนเกษตร ชุมชนธุรกิจ/ร้านค้า และชุมชุมท่องเที่ยว ในปี 2664 อยู่ระหว่าง 26% – 34% และ 6% – 9% ตามลำดับ [2]

จากข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ [3] ปี 2564 มีการรายงานว่าขยะพลาสติกที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง เกิดขึ้นภายหลังการบริโภคประมาณ 2.76 ล้านตัน มีการคัดแยกและนำกลับไปใช้ประโยชน์ประมาณร้อยละ 19 ตกค้างในสิ่งแวดล้อมร้อยละ 3 และถูกนำไปกำจัดในสถานที่กำจัดขยะร้อยละ 78 สัดส่วนขยะพลาสติก ณ สถานที่กำจัดขยะ ประกอบด้วยถุงพลาสติก เช่น ถุงร้อน ถุงเย็น หรือถุงหูหิ้วมีสัดส่วนร้อยละ 62.8 รองลงมาเป็นฟิล์มพลาสติก เช่น ฟิล์มหุ้มสินค้า

หรือซองไปรษณีย์พลาสติกมีสัดส่วนร้อยละ 13.3 ส่วนที่เหลือเป็น ขวด ฝาขวด แก้ว ชาม กล่องถาด กล่องโฟม ช้อน ส้อม มีด หลอด และอื่น ๆ ร้อยละ 23.8 ถึงแม้ว่าขยะพลาสติกบางชนิดสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ แต่ไม่นิยมในการเก็บรวบรวม นำมาขาย เนื่องจากมีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกสูง น้ำหนักเบา ยากต่อการขนส่ง ทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการดำเนินการ ของผู้รับซื้อของเก่า

เชื้อเพลิงขยะ (Refuse-derived Fuel) คือ ขยะที่เผาไหม้ได้ มีการปรับปรุงคุณสมบัติให้มีค่าความร้อนสูง มีความชื้นต่ำ มีขนาดและความหนาแน่นที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงป้อนหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน และมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ขยะพลาสติกเป็นขยะที่มีค่าความร้อนสูง แต่มักจะปนเปื้อนเศษอาหารทำให้มีความชื้นสูง แต่อย่างไรก็ตามขยะพลาสติกจากชุมชนส่วนใหญ่เป็นถุงพลาสติกหรือฟิล์มพลาสติก หากให้กระบวนการคัดแยกที่เหมาะสม จะทำให้ได้ขยะพลาสติกที่มีความชื้นต่ำและมีองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ

การแยกขยะบางประเภทออกจากกันอาจใช้ความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกลในการคัดแยก เช่น ขยะที่มีขนาดแตกต่างกัน อาจแยกออกจากกันโดยการใช้ตะแกรงร่อน ขยะที่มีขนาดใกล้เคียงกันแต่มีความหนาแน่นต่างกัน อาจใช้ลมหรือแรงลอยตัวการคัดแยก [4] การแยกของเหลวออกจากขยะของแข็งอาจใช้การหมุนเหวี่ยง การแยกขยะจำพวกเหล็กอาจมีการใช้แม่เหล็กในการคัดแยก [5]

การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชนอาจใช้ขั้นตอนต่อไปนี้ [6] เมื่อรถขนขยะนำขยะมาส่งที่โรงคัดแยกขยะ ขยะจะถูกนำขึ้นสู่ระบบสายพานลำเลียง ขยะในถุงดำจะถูกฉีกออก พนักงานจะทำการคัดแยกขยะชิ้นใหญ่ที่ไม่สามารถนำเข้าเครื่องร่อนตะแกรงหมุน (Trommel) ได้ เช่น กระดาษ ขวดแก้ว ขวดพลาสติก เครื่องมือเครื่องใช้ ที่เป็นพลาสติกหรือโลหะ หรือ กิ่งไม้ใบหญ้า จากนั้นขยะจะถูกส่งไปยังเครื่องร่อนตะแกรงหมุนเพื่อคัดแยก ฝุ่นผง ก้อนหิน ก้อนกรวดเศษ รวมถึงเศษอินทรียวัตถุขนาดเล็กและของเหลวต่าง ๆ ขยะที่ออกจากเครื่องร่อนกระแกรงหมุนจะถูกลำเลียงไปบนสายพานเพื่อคัดแยกขยะรีไซเคิลโดยแรงงานคนและคัดแยกโลหะด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ขยะที่ผ่านการคัดแยกในขั้นตอนนี้จะถูกส่งไปยัง เครื่องแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยง (Spinner) ซึ่งเป็นขยะประเภทถุงพลาสติกที่เปื้อนเศษอาหารและเศษอินทรียวัตถุที่ไม่ผ่านเครื่องร่อนตะแกรงหมุน เครื่องปั่นแยกด้วยลมจะทำหน้าที่แยกเศษอินทรีย์ออกจากถุงพลาสติด้วยแรงเหวี่ยง และสลัดน้ำออกจากถุงพลาสติก ถุงพลาสติกที่ออกจากเครื่องปั่นแยกด้วยแรงลมจะค่อนข้างสะอาดและมีความชื้นต่ำเพียงพอที่จะมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงขยะสำหรับส่งให้โรงไฟฟ้าพลังงานขยะ

เครื่องแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยงยังไม่ค่อยมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แต่มีแนวโน้มที่จะได้รับความนิยมสูงในอนาคต เครื่องแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยง มีลักษณะคล้ายกับเครื่องสลัดแห้งขยะ [7] หรือเครื่องสลัดฝุ่น [8] โครงสร้างของเครื่องมีลักษณะเป็นใบพัดหลายตัวต่ออนุกรมกันสวมอยู่บนเพลาเดียวกัน สำหรับเครื่องสลัดแห้งขยะจะทำหน้าที่สลัดน้ำออกจากขยะพลาสติกที่ผ่านการล้างทำความสะอาดตัวโรเตอร์จะหมุนอยู่ในตะแกรงทรงกระบอก ส่วนเครื่องสลัดฝุ่นตัวโรเตอร์จะหมุนในท่อทรงกระบอก สำหรับเครื่องปั่นแยกด้วยลมเป็นการแยกเศษอินทรีย์มีปนอยู่กับถุงพลาสติก เศษอินทรีย์อาจเป็นของเหลวหรือของแข็งซึ่งมีมวลค่อนข้างมาก การออกแบบเครื่องปั่นแยกด้วยลมให้ประสบความสำเร็จในการใช้งาน มีจุดที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ ความแข็งแรงของตัวโรเตอร์และความแข็งแรงของใบพัด มุมของใบพัด และ ระยะห่างที่เหมาะสมของใบพัด การออกแบบใบพัดและการกำหนดความเร็วรอบในการทำงานเพื่อให้มีความเร็วลมในการลำเลียงวัสดุอย่างเพียงพอ และการออกแบบห้องห้องคัดแยกให้มีช่องว่างระหว่างโรเตอร์และผนังห้องคัดแยกที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันและทำความสะอาดได้ง่าย

ในปัจจุบันได้มีผู้ประกอบการโรงคัดแยกขยะได้พัฒนาเครื่องปั่นแยกด้วยลมขึ้นมาใช้ โดยอาศัยการลองผิดลองถูก เมื่อประสบปัญหาก็ทำการแก้ไขไปทีละจุด เช่น เครื่องแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยงของ บริษัท พีเค – สยามเทรดดิ้ง จำกัด ซึ่งได้พัฒนาจนสามารถใช้งานได้ดี เพื่อให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อต่อยอดในการออกแบบสร้างเครื่อง

คัดแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยง งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์ความเค้นของโรเตอร์ของเครื่องคัดแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยง ขณะที่หมุนด้วยความเร็ว 450 rpm โดยใช้แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ในขณะใช้งาน โรเตอร์รับภาระผสมในหลายรูปแบบ ได้แก่ ภาระที่เกิดจากแรงบิดจากมอเตอร์ซึ่งประเมินได้จากกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขณะดำเนินงาน แรงบิดต้าน (Drag torque) จากใบพัดที่หมุนผ่านอากาศด้วยความเร็วสูง ภาระที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ และน้ำหนักของตัวโรเตอร์ แต่ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะผลจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เนื่องจากส่งผลต่อความเค้นในตัวโรเตอร์มากที่สุดเมื่อเทียบกับแรงอื่น ๆ ผลจากการวิเคราะห์จะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโรเตอร์ในกรณีที่ต้องการเพิ่มหรือลดกำลังผลิต การเพิ่มวัสดุเสริมแรงเพื่อลดความเค้นเฉพาะจุด และลดการแอ่นตัวของโรเตอร์เพื่อลดการสั่นสะเทือนในการใช้งาน โดยใช้โรเตอร์ของเครื่องแยกขยะของ บริษัท พีเค – สยามเทรดดิ้ง จำกัด เป็นกรณีศึกษา

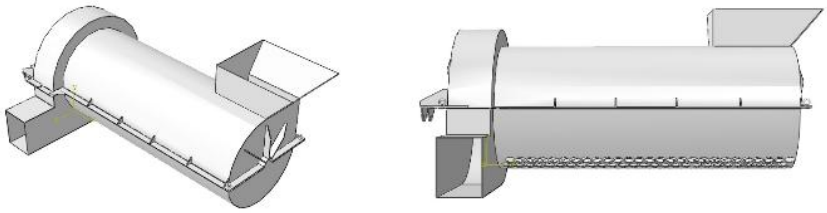
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. การวิเคราะห์ความเค้นของโรเตอร์ของเครื่องคัดแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยง ขณะที่หมุนด้วยความเร็ว 450 rpm โดยใช้แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์
2. การศึกษาแนวทางในการออกแบบโรเตอร์เพื่อลดการสั่นสะเทือนในการใช้งาน

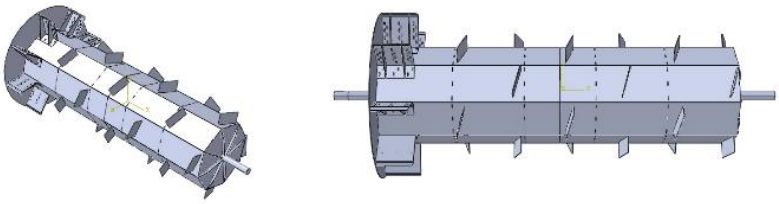
วิธีวิทยาการวิจัย

1. หลักการทำงานของเครื่องแยกขยะด้วยแรงเหวี่ยง

รูปที่ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างภายนอก และโรเตอร์ของเครื่องคัดแยกขยะที่ถูกผลิตขึ้นโดยบริษัท พีเค – สยามเทรดดิ้ง จำกัด โดยเครื่องคัดแยกจะทำงานโดยใช้หลักความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างถุงพลาสติกและสิ่งปนเปื้อน เนื่องจากถุงพลาสติกจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางมีพื้นที่ผิวมาก แต่เศษอาหารจะมีลักษณะเป็นเศษอินทรีย์ขนาดเล็ก ด้วยเหตุนี้หากนำถุงพลาสติกที่เปื้อนเศษอาหารมาทำการหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วที่เหมาะสม เศษอาหารจะหลุดออกจากถุงพลาสติกได้



(ก)

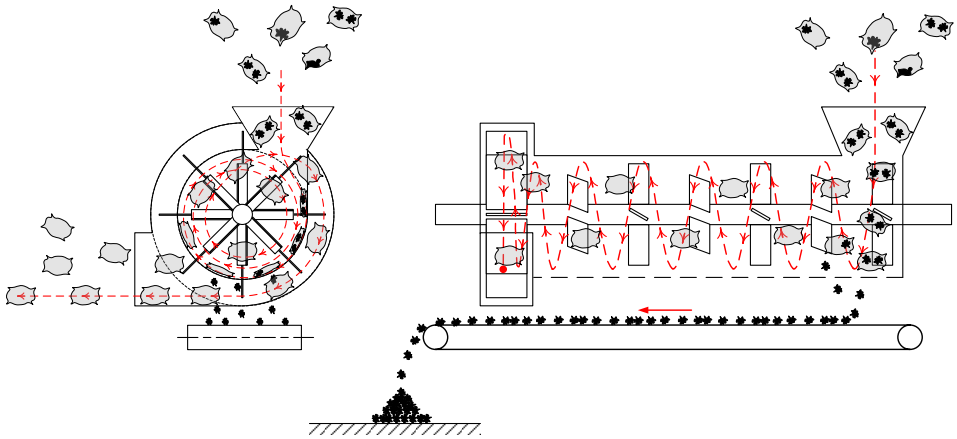


(ข)

รูปที่ 1 เครื่องคัดแยกขยะ: (ก) โครงสร้างภายนอก และ (ข) โรเตอร์

จากรูปที่ 2 แสดงกลไกการทำงานภายในเครื่องคัดแยก จากรูปจะเห็นว่าตัวโรเตอร์ของเครื่องคัดแยกถูกออกแบบให้มีลักษณะแบบเดียวกับเครื่องเป่า (Blower) ที่มีพัดลมไหลแบบแนวแกนหลายตัวต่ออนุกรมกัน โดยที่ใบพัดของพัดลมจะสวมอยู่บนเพลาเดียวกัน และเอียงไปในทิศทางเดียวกันตามแนวรัศมี (radial) ซึ่งใบพัดลักษณะนี้มจะสามารถสร้างแรงดันได้สูง ซึ่งเหมาะกับงานขนถ่ายวัสดุ หรือใช้ในงานท่ต้องการความดันที่สูง [9] ด้านล่างของเครื่องมีการเจาะทำรูตะแกรงเพื่อแยกเศษอาหารออก เมื่อถุงพลาสติกที่เปื้อนเศษอาหารถูกป้อนเข้ามาทางด้านท้ายเครื่อง ขยะจะถูกใบพัดหมุนเหวี่ยง เศษอาหารที่มีขนาดเล็กและความหนาแน่นมากกว่าจะถูกสลัดออกทางรูตะแกรงด้านล่าง เมื่อเศษอาหาร น้ำ หรือ น้ำมันถูกสลัดออกจากถุงพลาสติกมากเพียงพอ ถุงพลาสติกจะมีน้ำหนักเบาและสามารถปลิวไปตามแรงลมและถูกพ่นออกทางปล่องของตัวเป่า โดยในการทำงานเพลาของโรเตอร์จะถูกขับด้วยมอเตอร์ขนาด 30 kW และมีการทดรอบด้วยอัตราการทด 1 : 0.45 ส่งผลให้โรเตอร์มีความเร็วรอบเท่ากับ 450 rpm ขณะทำงาน

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้จะลดความซับซ้อนของปัญหาลงโดยการตัดผลของแรงกระแทกจากขยะและเศษอินทรีย์วัตถุอื่น ๆ ออก โดยพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของโรเตอร์ในสภาวะหมุนแบบตัวเปล่า (No-load condition) เท่านั้น



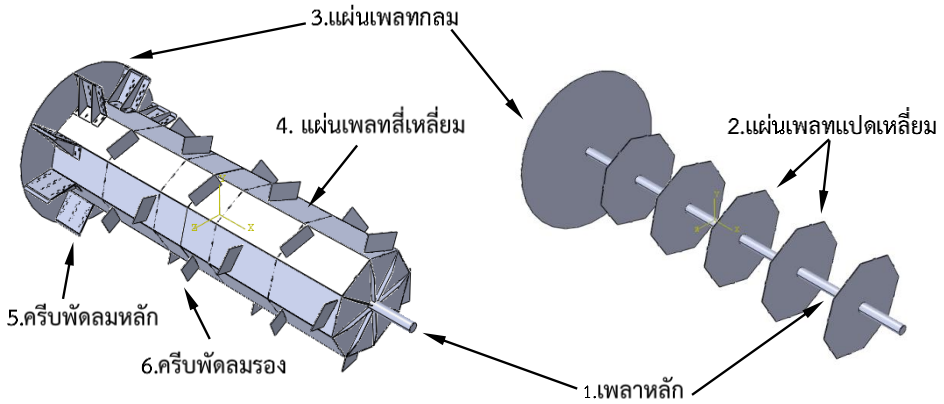
รูปที่ 2 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างภายในของเครื่องคัดแยกขยะ

2. แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโรเตอร์เครื่องคัดแยกขยะทำได้โดยการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของโรเตอร์ด้วยโปรแกรม ABAQUS [10] ซึ่งมีรายละเอียดในการสร้างแบบจำลองดังต่อไปนี้

3. โครงสร้างและวัสดุของโรเตอร์

จากรูปที่ 1(ข) โรเตอร์ของเครื่องคัดแยกถูกออกแบบให้มีลักษณะแบบเดียวกับเครื่องเป่าที่มีพัดลมหลายตัวต่ออนุกรมกันซึ่งรายละเอียดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโรเตอร์ได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 3 และตารางที่ 1 ตามลำดับ



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโรเตอร์

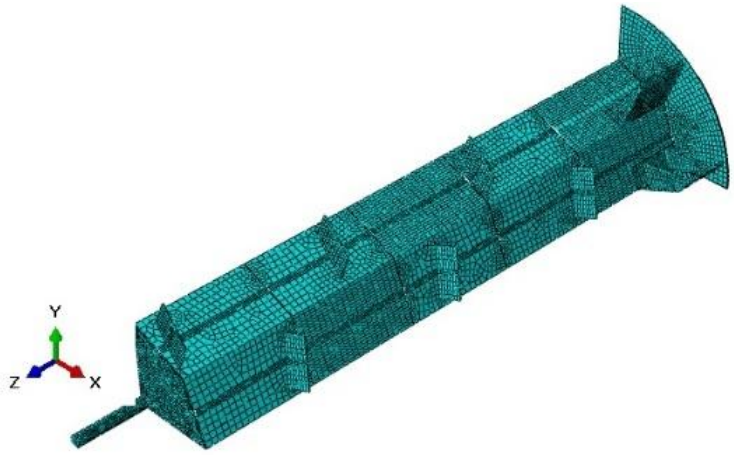
ตารางที่ 1 รายละเอียดของส่วนประกอบของโรเตอร์

ส่วนประกอบ	รายละเอียด
1. เพลาหลัก	ขนาดผ่านศูนย์กลาง 76 mm ยาว 3,700 mm
2. แผ่นเพลทแปดเหลี่ยม	ความยาวเส้นทแยงมุม 800 mm หนา 5 mm
3. แผ่นเพลทกลม	ผ่านศูนย์กลาง 1,390 mm หนา 5 mm
4. เพลทสี่เหลี่ยม	กว้าง 300 mm ยาว 580 mm หนา 5 mm
	เหล็กฉากหูช้างหนา 5 mm
5. ครีบพัดลมหลัก	ฐานกว้าง 100 mm ยาว 300 mm
	ครีบสูง 275 mm
6. ครีบพัดลมรอง	กว้าง 135 mm ยาว 230 mm หนา 5 mm

สำหรับวัสดุที่ใช้ในการสร้างโรเตอร์เป็นเหล็กโครงสร้างประเภท SS400 ที่มีค่ายังค์โมดูลัสเท่ากับ 207 GPa ค่าอัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.3 ค่าความเค้นครากของวัสดุเท่ากับ 245 MPa และมีค่าความหนาแน่นของวัสดุเท่ากับ 8,750 kg/m^3

4. แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

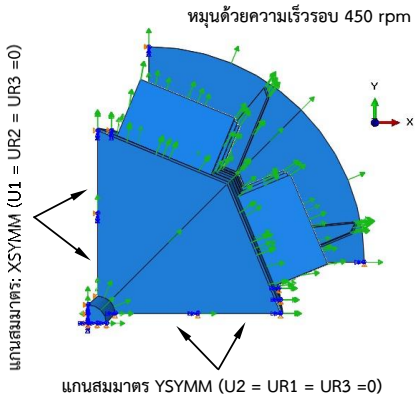
แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของโรเตอร์ตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1(ข) ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม ABAQUS จากความสมมาตรของโครสร้างจึงทำการสร้างแบบจำลองเพียง 1 ใน 4 ส่วนของโรเตอร์ โดยแต่ละชิ้นส่วนย่อยในแบบจำลองถูกสร้างขึ้นด้วยแบบเอลิเมนต์ 3 มิติประเภทสี่เหลี่ยม 8 โหนด (hexahedral elements of type, C3D8R) และทำการเชื่อมชิ้นส่วนย่อยแต่ละชิ้นในแบบจำลองเข้าด้วยกันด้วยเงื่อนไขแบบ tie constraint ซึ่งแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมีจำนวนเอลิเมนต์ในแบบจำลองทั้งหมดเท่ากับ 29,500 เอลิเมนต์ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การสร้างแบบจำลองในโปรแกรม ABAQUS

5. การกำหนดภาระและเงื่อนไขในแบบจำลอง

กำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในแบบจำลองเป็นแบบสมมาตรรอบแกน x และแกน y และเนื่องจากขณะทำงานเพลาหลักของโรเตอร์หมุนรอบแกน z ด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 450 rpm หรือที่หมุนด้วยความเร็วเชิงมุมประมาณ 47 rad/s จึงกำหนดให้ภาระที่กระทำในแบบจำลองเป็นแบบ rotational body force ตามที่ได้แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การกำหนดเงื่อนไข และภาระในแบบจำลอง

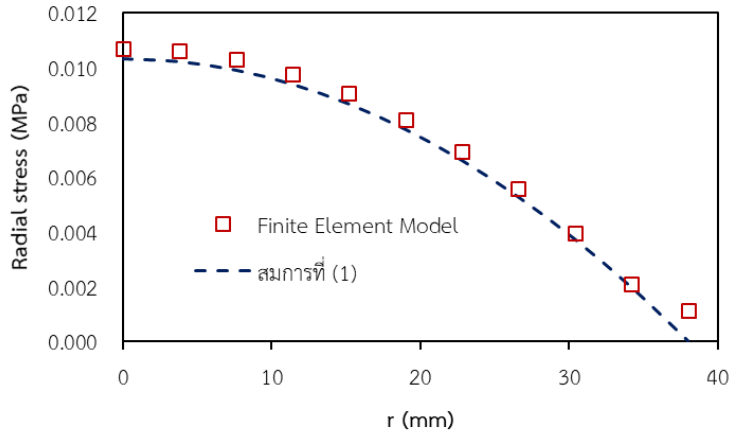
6. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้การตรวจสอบความถูกต้องของการกำหนดเงื่อนไข และภาระในแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ถูกดำเนินการโดยเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ของการกระจายตัวของความเค้นในแนวรัศมี (radial stress, σ_r) และความเค้นในแนวเส้นรอบวง (circumferential stress, σ_t) ที่ได้จากแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ กับสมการความเค้นที่เกิดขึ้นในท่อทรงกระบอกเนื่องจากการหมุน (stress in rotating cylinder) [11]

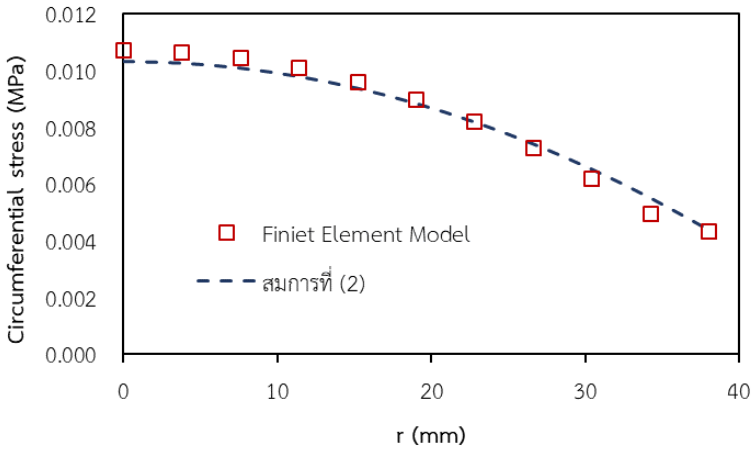
$$\sigma_r = \rho\omega^2\left(\frac{3+\nu}{8}\right)\left(r_i^2 + r_o^2 + \frac{r_i^2 r_o^2}{r^2} - \frac{1+3\nu}{3+\nu}r^2\right) \quad (1)$$

$$\sigma_t = \rho\omega^2\left(\frac{3+\nu}{8}\right)\left(r_i^2 + r_o^2 - \frac{r_i^2 r_o^2}{r^2} - r^2\right) \quad (2)$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นของวัสดุ, ω คือความเร็วเชิงมุม r_i และ r_o คือรัศมีภายใน และรัศมีภายนอกของทรงกระบอกตามลำดับ



(ก)



(ข)

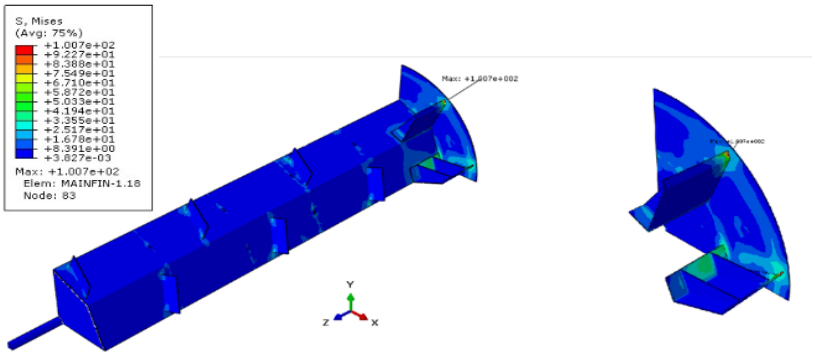
รูปที่ 6 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของความเค้นตามแนวรัศมีของเพลาหลักที่ความเร็วรอบ 450 rpm: (ก) ความเค้นในแนวรัศมี และ (ข) ความเค้นในแนวเส้นรอบวง

สำหรับการเปรียบเทียบผลลัพธ์นั้น ได้ดำเนินการเฉพาะความเค้นที่เกิดขึ้นในเพลาหลักเนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่มีโครงสร้างตรงตามสมมุติฐานในสมการที่ (1) และ (2) ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบพบว่า σ_r แล σ_t ที่ได้จากแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และจากสมการที่ (1) และ (2) มีความสอดคล้องกัน โดยมีความแตกต่างไม่เกิน 10% ตามที่ได้แสดงในภาพที่ 6 จึงอาจถือได้ว่าการกำหนดเงื่อนไขและภาระในแบบจำลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีความน่าเชื่อถือ

ผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

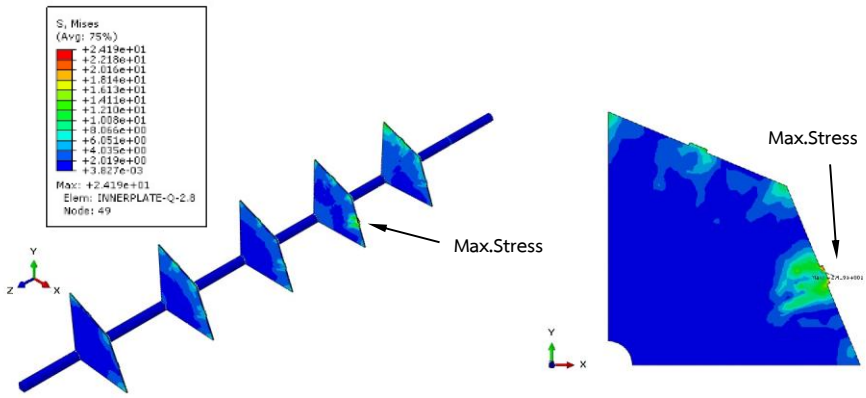
1. การกระจายตัวของความเค้นในชิ้นส่วนต่าง ๆ

รูปที่ 7 แสดงค่าความเค้นวอนมิส (von Mises stress) ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างโรเตอร์ที่สภาวะทำงาน หรือที่ความเร็วรอบ 450 rpm จากภาพจะเห็นว่าขณะทำงานบริเวณรอยพื้นที่เชื่อมต่อระหว่างครีบพัดลมหลัก และครีบพัดลมรองกับชิ้นส่วนอื่น ๆ ของโรเตอร์จะเป็นบริเวณที่ความเข้มของความเค้นมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่น โดยที่ค่าความเค้นสูงสุดจะเกิดที่บริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างครีบพัดลมหลัก และแผ่นเพลท กลม เนื่องจากขณะทำงานชิ้นส่วนทั้งสองมีการขยายตัวเนื่องจากแรงเหวี่ยงที่ไม่เท่ากัน โดยความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 100 MPa



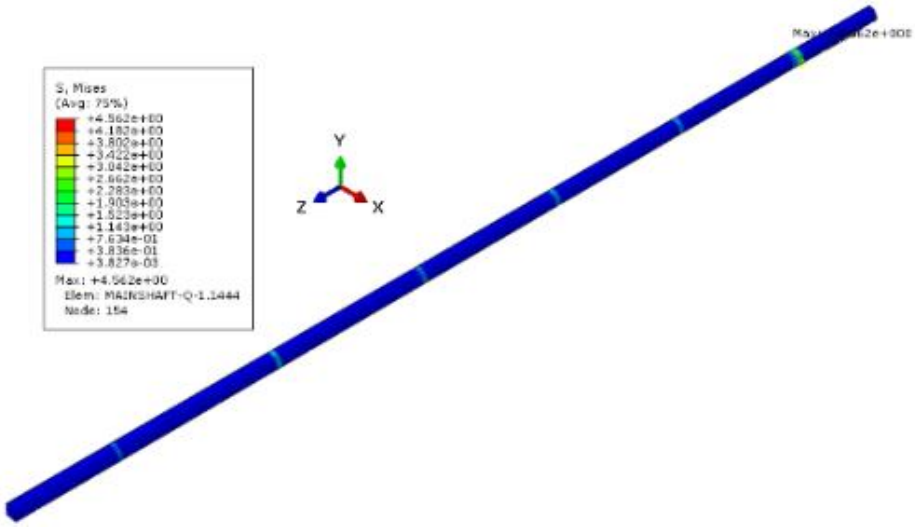
รูปที่ 7 การกระจายตัวของความเค้นวอนมิสในโครงสร้างของโรเตอร์

รูปที่ 8 แสดงการกระจายตัวของความเค้นวอนมิสที่เกิดขึ้นในแผ่นเพลทแปดเหลี่ยม ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ยึดระหว่างแผ่นเพลทสี่เหลี่ยม และเพลาหลักเข้าด้วยกัน จากรูปจะเห็นว่าความเข้มของความเค้นจะมีค่าสูงที่บริเวณขอบด้านนอกของแผ่นเพลท โดยความเค้นสูงสุดจะเกิดที่บริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างแผ่นเพลทแปดเหลี่ยมและแผ่นเพลทสี่เหลี่ยมซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไกลจากจุดศูนย์กลางของการหมุนมากที่สุด และมีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 24.1 MPa



รูปที่ 8 การกระจายตัวของความเค้นวอนมิสในแผ่นเพลทแปดเหลี่ยม (ชิ้นส่วนหมายเลข 2)

รูปที่ 9 แสดงการกระจายตัวของความเค้นวอนมิสที่เกิดขึ้นในเพลาหลัก ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของการหมุน จากรูปจะเห็นว่าความเค้นที่เกิดขึ้นในเพลาหลักมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนอื่น ๆ โดยความเข้มของความเค้นจะมีค่าสูงที่บริเวณผิวเชื่อมต่อระหว่างเพลาหลักและแผ่นเพลทแปดเหลี่ยม โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.6 MPa



รูปที่ 9 แสดงการกระจายตัวของความเค้นวอนมิสที่เกิดขึ้นในเพลาหลัก

2. การประเมินความปลอดภัยของโครงสร้างขณะทำงาน

ตารางที่ 2 แสดงค่าความปลอดภัยของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโรเตอร์ขณะทำงานที่ความเร็วรอบ 450 rpm โดยค่าความปลอดภัยดังกล่าวถูกคำนวณจากการเปรียบเทียบค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นส่วนของโรเตอร์กับค่าความเค้นครากของวัสดุ (245 MPa) ที่ใช้ในการขึ้นรูปโรเตอร์ โดยจากตารางจะเห็นว่าโรเตอร์สามารถทำงานได้ภายใต้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.5

ตารางที่ 2 ความเค้นสูงสุด และค่าความปลอดภัยของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโรเตอร์

ส่วนประกอบ	Max. Stress (MPa)	ค่าความปลอดภัย
1. เพลาหลัก	4.6	53.2
2. แผ่นเพลทแปดเหลี่ยม	24.1	10.2
3. แผ่นเพลทกลม	59.6	4.1
4. เพลทสี่เหลี่ยม	60.4	4.1
5. ครีบพัดลมหลัก	100	2.5
6. ครีบพัดลมรอง	26	9.4

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโรเตอร์ของเครื่องคัดแยกขยะที่ถูกออกแบบโดย บริษัท พีเค – สยามเทรดดิ้ง จำกัด โดยทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม ABAQUS ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าในกรณีของการหมุนตัวเปล่าที่ความเร็วรอบ 450 rpm ซึ่งเป็นความเร็วรอบใช้งานของเครื่องจักร พบว่าโรเตอร์ของเครื่องคัดแยกขยะสามารถทำงานได้ภายใต้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.5 โดยความสูงสุดที่เกิดขึ้นขณะทำงานจะเกิดขึ้นที่บริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างด้านข้างของครีบพัดลมหลัก และแผ่นเพลทวงกลมที่ที่ใช้ในการยึดใบพัดของพัดลม

เมื่อพิจารณที่ชิ้นส่วนอื่น ๆ เช่น เพลาหลัก และชิ้นส่วนแปดเหลี่ยม พบว่าชิ้นส่วนดังกล่าวมีค่าความปลอดภัยค่อนข้างสูง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเค้นครากของวัสดุ ด้วยเหตุนี้ทางบริษัทนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการพิจารณาในการลดขนาดของโครงสร้างดังกล่าวเพื่อลดต้นทุนทางด้านวัสดุในการผลิตได้

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ความเค้นในบทความนี้เป็นการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลของการหมุนหรือ rotational body force เพียงอย่างเดียว ซึ่งในสภาวะการทำงานจริง โรเตอร์จะรับแรงบิดเนื่องจากแรงต้านอากาศและแรงจากการตกกระทบของวัตถุดิบผ่านครีบ รวมทั้งการสั่นเนื่องจากการตั้ง alignment ของเครื่องจักร ดั้งนั้นหากต้องการให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง หรือค่าความปลอดภัยในการออกแบบมีความถูกต้องมากขึ้น อาจจำเป็นต้องนำค่าความเค้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของแรงดังกล่าวมาพิจารณาร่วมด้วย โดยอิทธิพลของปัจจัยที่ได้กล่าวมานั้นจะถูกศึกษาในงานต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับความร่วมมือและอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยจาก บริษัท พีเค – สยามเทรดดิ้ง จำกัด และ บริษัท ยูนิมิต เอนจิเนียริ่ง จำกัด (มหาชน) ผู้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทางบริษัทมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ (2566). รายงานสถานการณ์ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชน ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565

[2] กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ (2565). การศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอย ปี 2564

[3] กรมควบคุมมลพิษ (2566). แผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะพลาสติก ระยะที่ 2 (พ.ศ.2566 – 2570)

[4] Moshe Kinn (2022). Municipal collection and sorting mechanisms, TRANSFORM-CE project, The Interreg North West Europe.

[5] Jean-Paul Lange, (2021). Managing Plastic Waste-Sorting, Recycling, Disposal, and Product Redesign, ACS Sustainable Chem. Eng. 2021, 9, 15722-15738.

[6] รัฐไกร คำหมู่ (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขยะโดยมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงขยะ (RDF) กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมพิจิตร, วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร

[7] Vendu crystal Mutiara. (2021). UJI COBA MESIN GIBRIG – Mesin Pengering Plastik, URL:https://youtu.be/_mVnaonPHmA?si=ER_cUT75BHMR5kgy, accessed on 09/05/2024.

[8] HR Plastic Industries, (2022). Waste plastic Dust Remover, URL: https://youtu.be/SeOTeNT3uEU?si=y9kKOvohTqqDz8ip, accessed on 09/05/2024.

[9] นพรัตน์ เกตุขาว, (2023), การปรับอากาศ 1 (AIR CONDITIONING), มหาวิทยาลัยพะเยา

[10] Hibbitt, Karlsson and Sorensen Inc, "ABAQUS/Standard User Manual," Rhode Island.

[11] Shigley, J.E., Mischke, C.R. and Budynas R.G. (2004), Mechanical Engineering Design, McGraw–Hill, New York

ระบบถ่ายทอดสดเคลื่อนที่สำหรับการอนุรักษ์สัตว์ป่าผ่านโซเชียลเน็ตเวิร์ค

The mobile live streaming system for wildlife conservation through social networks

ธนา อุดมศรีไพบูลย์[1*] ธนวินท์ ไชยประเสริฐ[1] นราศักดิ์ บุญเทพ[1] พรเทพ โรจนวสุ[1] และ ฐิติรัตน์ เชี่ยวสุวรรณ[2]

Thana Udomsripaiboon[1*], Tanawin Chaiprasert[1], Narasak Boonthep[1], Pornthep Rojanavasu[1] and Thitirath Cheosuwan[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบถ่ายทอดสดที่สามารถเคลื่อนย้ายสถานีถ่ายทอดสดสำหรับสังเกตุพฤติกรรมสัตว์ป่าโดยสร้างจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถหาได้ง่ายและราคาที่ไม่สูงมากนักผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งมาช่วยในการอนุรักษ์สัตว์ป่า โดยเฉพาะในงานของการตรวจสอบและติดตามสัตว์ป่าที่มีการเคลื่อนที่หรือย้ายถิ่นที่อยู่อาศัยตามฤดูกาล โดยระบบที่นำเสนอยังสามารถถ่ายทอดสดไปยังโซเชียลมีเดียที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็น YouTube Facebook หรือ Instagram ผ่านโปรแกรมโอเพ่นซอร์สโอบีเอส (Open Broadcaster Software: OBS) ทำให้สามารถส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่าให้กับคนรุ่นใหม่ที่จะสามารถเข้าถึงและศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ป่าต่าง ๆ ได้ง่ายมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นการกระตุ้นจิตสำนึกให้กับคนรุ่นใหม่ในการร่วมกันในการส่งต่อทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ ไปยังคนรุ่นถัดไปได้อย่างมั่นคง

คำสำคัญ: ระบบถ่ายทอดสดเคลื่อนที่, เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง, โซเชียลมีเดีย, การอนุรักษ์สัตว์ป่าและพันธุ์พืช โอบีเอส

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Computer Engineering, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

[2] Business Computer, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author : thana.ud@up.ac.th

Abstract

This research presents the mobile live broadcasting system for observing wildlife behaviours. The system comprises equipment based on easily available and low-cost electronic devices through the Internet of Things (IoT) technology. The main objective of this research is to create a live-streaming system for wildlife conservation, especially in monitoring and tracking wildlife that moves or migrates seasonally. Moreover, the proposed system can also be live-streamed on popular social media platforms such as YouTube, Facebook, or Twitter through open-source broadcasting software (OBS). It can promote wildlife conservation, allowing the new generation to access and study the behaviours of wildlife and plants to encourage the new generation to pass on natural resources to the next generation.

Keywords: The Mobile Live Broadcasting System, Internet of Things, Social Media, Wildlife Conservation, Open Broadcaster Software

บทนำ

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา โลกกำลังเผชิญกับวิกฤตด้านความหลากหลายทางชีวภาพอย่างรุนแรง โดยเฉพาะการลดจำนวนของสัตว์ป่าในหลายพื้นที่ทั่วโลก องค์การระหว่างประเทศ เช่น IUCN (International Union for Conservation of Nature) และ WWF (World Wide Fund for Nature) รายงานว่ามีสัตว์ป่าหลายชนิดเข้าสู่ภาวะใกล้สูญพันธุ์ในอัตราที่น่าตกใจ ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการลดลงของสัตว์ป่าประกอบด้วยการสูญเสียถิ่นที่อยู่อาศัยจากการตัดไม้ทำลายป่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การล่าสัตว์เกินขนาด และการคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์ (International Union for Conservation of Nature, ม.ป.ป., WWF & Zoological Society of London, 2022, และ Wiens, 2011)

ในบริบทของสถานการณ์โลกปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจากการพัฒนาเทคโนโลยี การขยายตัวของเมือง และผลกระทบจากภาวะโลกร้อน ได้เพิ่มความท้าทายในการอนุรักษ์สัตว์ป่าอย่างมีนัยสำคัญ ปรากฏการณ์เหล่านี้ไม่เพียงแต่คุกคามชีวิตสัตว์ป่า แต่ยังกระทบต่อความมั่นคงของระบบนิเวศโดยรวม ซึ่งมีผลต่อมนุษย์ในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านอาหาร น้ำ การเกษตร และสุขภาพ (IPBES, 2019, Seto, Güneralp, & Hutyra, 2012, และ Convention on Biological Diversity, 2014)

มีงานวิจัยหลาย ๆ ฉบับ ที่ได้กล่าวถึงการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งและโซเชียลมีเดียมาช่วยในงานด้านการอนุรักษ์สัตว์ป่าต่าง ๆ ที่ถูกภัยคุกคามจากสถานการณ์โลกในปัจจุบัน ดังที่กล่าวเอาไว้ในเบื้องต้น ได้แก่ Bergman, J. และคณะ (2022) ได้กล่าวถึงโซเชียลมีเดียสามารถเป็นเครื่องมือสำคัญในการส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่า เช่น การเพิ่มพฤติกรรมที่สนับสนุนการอนุรักษ์ การระดมทุน และการสร้างอิทธิพลต่อนโยบาย อย่างไรก็ตาม ก็มีความเสี่ยงที่อาจจะนำไปสู่การแสวงหาประโยชน์จากสัตว์ การค้าที่ผิดกฎหมาย และการเผยแพร่ข้อมูลที่ผิดพลาดได้, Shaw, M. N. และคณะ (2022) กล่าวถึงการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงปริมาณของ ภาพถ่ายสัตว์ป่าที่องค์กรอนุรักษ์โพสต์บน Instagram โดยศึกษาจากองค์กรในประเทศออสเตรเลียเป็นกรณีตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่าองค์กรอนุรักษ์สามารถใช้ภาพถ่ายเพื่อ ส่งเสริมทัศนคติเชิงบวกต่อสัตว์ป่า และสามารถใช้เพื่อนำเสนอสัตว์ป่าหลากหลายสายพันธุ์ที่ยังไม่ค่อยเป็นที่รู้จัก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ, Chaiwongsai, J. และคณะ (2024) ได้อาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งเพื่อการอนุรักษ์นกยูงไทยในการนับประชากรของจำนวนนกยูงผ่านการแสดงผลในเว็ปแอพพลิเคชั่น, More, R. P., & Chowdhury, S. และคณะ (2023) ได้ใช้ข้อมูลจากโซเชียลมีเดียเพื่อช่วยในการวางแผนการอนุรักษ์ กล่าวคือ นักวิจัยได้ศึกษาข้อมูลการพบเห็นสัตว์ (เช่น นกและผีเสื้อ) ที่ผู้คนโพสต์บน Facebook ร่วมกับข้อมูลจากฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

ในประเทศบังกลาเทศ และพบว่าการนำข้อมูลจากโซเชียลมีเดียมาใช้ ช่วยเพิ่มความแม่นยำ ในการระบุพื้นที่อนุรักษ์ที่สำคัญได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การวางแผนการอนุรักษ์สามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ด้วยการใช้ข้อมูลที่มีอยู่จากโซเชียลมีเดีย, The Wildlife Society (2024) ได้กล่าวว่า การใช้โซเชียลมีเดียเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์แมวป่าคาเรคัล (Caracal) ในทวีปแอฟริกา โดยใช้โครงการ "The Urban Caracal Project" เป็นกรณีศึกษา นักวิจัยพบว่าการใช้ Facebook และ Instagram เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับสัตว์ชนิดนี้ ทำให้การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับคาเรคัลเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และโครงการได้รับความสนใจอย่างมากบนโลกออนไลน์ จึงสามารถสรุปได้ว่าความสนใจของสาธารณะในสัตว์ที่น่าสนใจบนอินเทอร์เน็ตสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อขับเคลื่อนและส่งเสริมการอนุรักษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ, Bandi, N. และคณะ (2020) ได้อาศัยกล้องถ่ายภาพเพื่อการติดตาม แยกประเภท ตรวจสอบสัตว์ป่าต่าง ๆ ผ่านทางเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง, Ma, Z. และคณะ (2024) ได้ทำการสร้างแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือโดยอาศัยความร่วมมือของโปรแกรม YOLO เพื่อทำการถ่ายทอดสดชีวิตสัตว์ป่า พร้อมทั้งให้ผู้ใช้งานสามารถดูภาพสดและถ่ายรูปสัตว์ป่าดังกล่าวผ่านมือถือได้ อีกทั้งแอพพลิเคชั่นดังกล่าวยังสามารถแจ้งเตือนภัยอันตรายที่เกิดกับสัตว์ป่าในพื้นที่เป้าหมายได้อีกด้วย, Ojo, M. O. และคณะ (2021) ได้นำเสนอข้อมูลการอนุรักษ์สัตว์ป่าผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งในการส่งข้อมูลต่าง ๆ โดยอาศัยเทคโนโลยี รอล่าร์ (LoRa) เซ็นเซอร์ต่าง ๆ อาร์เอฟไอดี (RFID) บลูทูธแบบประหยัดพลังงาน (BLE) และจีพีเอส เป็นต้น, Lalitha V. และคณะ (2024) ได้อาศัยไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi ในการถ่ายทอดสดชีวิตสัตว์ป่าผ่านกล้องถ่ายทอดสดแบบ 360 องศา เพื่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าในพื้นที่เป้าหมาย, Aarju และคณะ (2023) ได้อาศัยโดรนที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีจีพีเอส (GPS) ในการนำข้อมูลทางอากาศมาวิเคราะห์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าในพื้นที่ระยะไกล เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตุพฤติกรรมของสัตว์ป่าต่าง ๆ ได้

ด้วยเหตุนี้ การอนุรักษ์สัตว์ป่าในยุคปัจจุบันจึงไม่ใช่เพียงแค่การรักษาชีวิตสัตว์ป่าเท่านั้น แต่ยังหมายถึงการปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมโลกเพื่อส่งต่อความหลากหลายทางชีวภาพเหล่านี้ให้กับคนรุ่นถัดไปที่จะเติบโตมาในสังคมได้อย่างมีคุณภาพ งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการถ่ายทอดสดชีวิตสัตว์ป่าเพื่อการอนุรักษ์แบบเคลื่อนที่ได้ ซึ่งเหมาะอย่างยิ่งที่จะซ้ำสำหรับติดตามพฤติกรรมของสัตว์ที่มีการย้ายถิ่นฐานอยู่เป็นประจำ โดยที่จะสามารถกระจายสัญญาณวีดีโอดังกล่าวไปยังโซเชียลมีเดียที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นในหมู่คนรุ่นใหม่ไม่ว่าจะเป็น YouTube Facebook หรือ Instagram เพื่อให้สามารถเข้าถึงได้ง่ายและตรงกับบริบทกับชีวิตในยุคปัจจุบันให้ได้มากที่สุด เพื่อสร้างความตระหนักและค่านิยมให้กับคนรุ่นใหม่ในการที่จะอนุรักษ์สัตว์ป่าซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญเพื่อการรักษาสมดุลธรรมชาติที่ส่งผลต่ออากาศที่เราหายใจ อาหารที่เรากิน และชีวิตของเราเองในวันข้างหน้าอย่างมั่นคงและยั่งยืนต่อไป

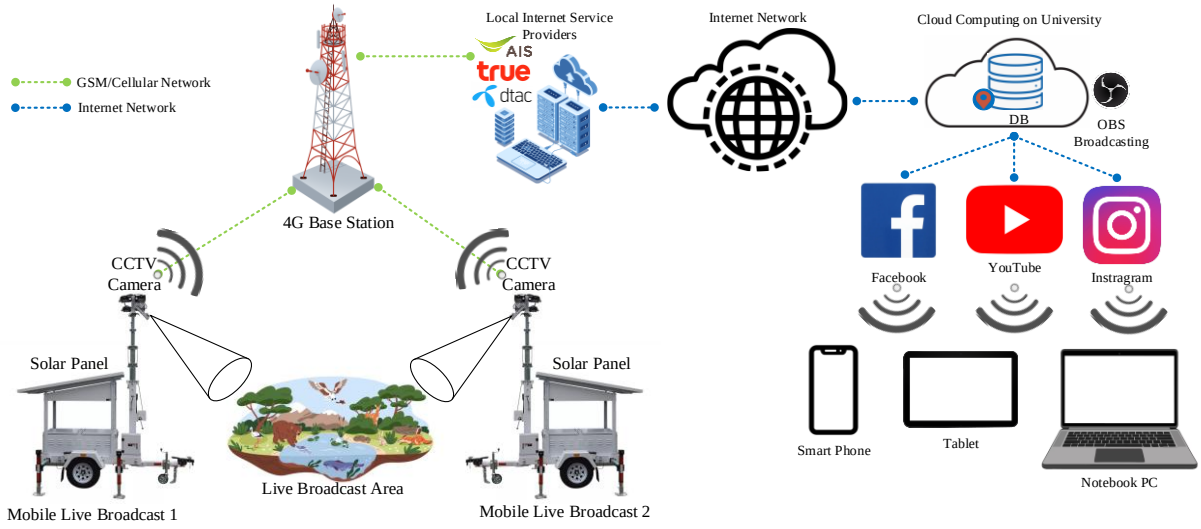
สำหรับส่วนต่าง ๆ ในงานวิจัยฉบับนี้ประกอบไปด้วย วัตถุประสงค์ในการศึกษาในหัวข้อที่ 2 ส่วนหัวข้อที่ 3 จะกล่าวถึงวิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ ส่วนหัวข้อที่ 4 จะกล่าวถึงผลการทดลอง และในส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของการสรุปผลและอธิปรายผลซึ่งจะเป็นหัวข้อที่ 5 ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะนำเสนอระบบถ่ายทอดสดแบบเคลื่อนที่ได้ของการอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่า โดยการถ่ายทอดสดผ่านระบบนี้จะสามารถบอร์ดคาสต์ไปยังโซเชียลมีเดียที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็น YouTube Facebook หรือ Instagram เพื่อเป็นการปลูกฝังค่านิยมในการอนุรักษ์สัตว์ป่าไปยังคนรุ่นใหม่ เพื่อให้กลุ่มคนเหล่านี้เป็นแนวร่วมอนุรักษ์สัตว์ป่าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ และการประกันความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมโดยรวมในอนาคตต่อไป

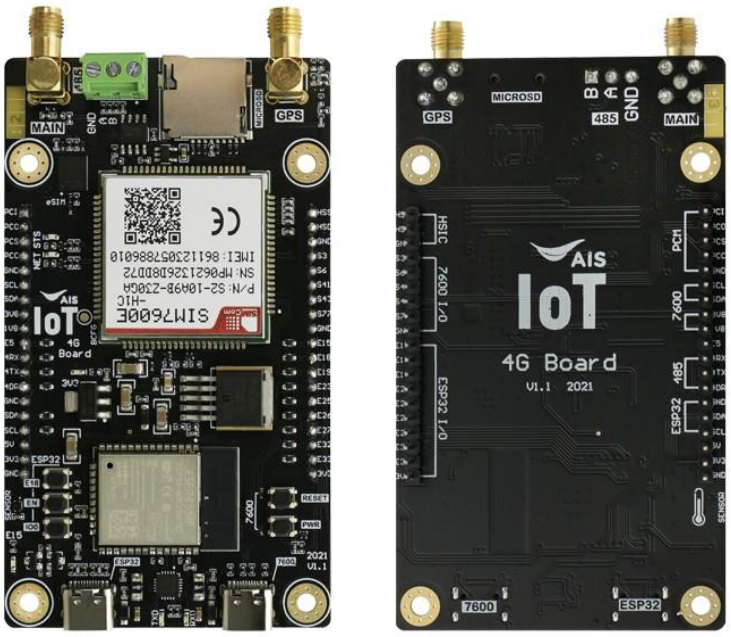
วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้

หลักการทำงานโดยรวมของระบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 โดยเริ่มจากสถานีถ่ายทอดสดแบบเคลื่อนที่ได้จะทำการถ่ายทอดสดในพื้นที่เป้าหมายที่อยู่ในพื้นที่ที่สัตว์ต่าง ๆ อาศัยอยู่ โดยสัญญาณวีดีโอที่ได้จะถูกส่งข้อมูลผ่านบอร์ด 4G IoT module board จากสถานีถ่ายทอดสดเคลื่อนที่ไปยังสถานีเสาภาครับของบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ โดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายแบบ LTE CAT4 (3G/4G) ความเร็วในการส่งข้อมูลขาขึ้น (Uplink) อยู่ที่ 50 เม็กกะบิตต่อวินาที (Uplink 50 Mbps) และความเร็วในการส่งข้อมูลขาลง (Downlink) อยู่ที่ 150 เม็กกะบิตต่อวินาที (Downlink 150 Mbps) โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในท้องที่ไปเก็บไว้ยังเซิร์ฟเวอร์หลักในมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นศูนย์บัญชาการหลักในการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากสถานีถ่ายทอดสดที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ และศูนย์บัญชาการดังกล่าวนี้จะทำหน้าที่ในการกระจายภาพวีดีโอที่ได้ไปยังโซเชียลมีเดียต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น YouTube Facebook หรือ Instagram (Smith, J., 2024)



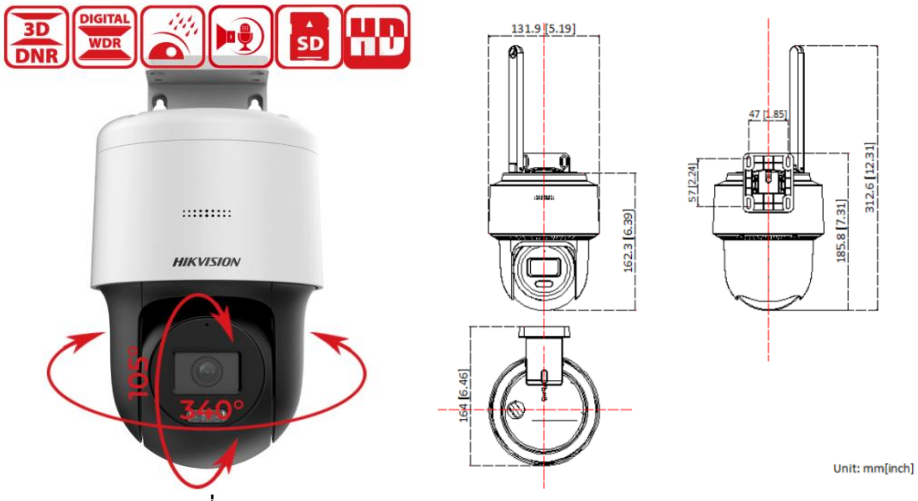
รูปที่ 1 ระบบโดยรวมที่ถูกนำเสนอ

สำหรับบอร์ด IoT module board ในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้บอร์ด AIS 4G Board ในการลำเลียงข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุในย่านความถี่ระหว่าง 800 เม็กกะเฮิร์ตซ์ไปถึง 2600 เม็กกะเฮิร์ตซ์ ครอบคลุมย่านความถี่ B1 B3 B5 B7 B8 และ B20 ตามลำดับ โดยใช้ซีพียูของ Xtensa® single–/dual–core 32–bit LX6 microprocessor(s) สามารถทำงานที่ความถี่สูงสุดที่ 240 เม็กกะเฮิร์ตซ์และมีรอมอยู่ที่ 448 กิโลไบต์ และมีแรมเป็นแบบ Static RAM อยู่ที่ 520 กิโลไบต์ โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 (บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน), (ม.ป.ป.))



รูปที่ 2 บอร์ด AIS 4G Board

ในส่วนของกล้องวงจรปิดที่ใช้นั้นเราจะเลือกใช้กล้อง HIKVISION รุ่น DS-2DE2C400MWG-4G ซึ่งเป็นกล้องวงจรปิดแบบ 340 องศา ซึ่งเป็นกล้องที่หาได้ง่ายและราคาไม่สูงมากนัก อีกทั้งประสิทธิภาพในการส่งภาพและเสียงของกล้องนั้นยังสามารถเลือกได้หลายรูปแบบโดยให้ความละเอียดของภาพสูงสุดอยู่ที่ 4 ล้านพิกเซลล์ (4 Mega Pixel) รองรับการบีบอัดของภาพเพื่อใช้ส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย 4G และ 5G เป็นแบบ H.265 H.264 และ MJPEG มาพร้อมกับความสามารถป้องกันละอองน้ำและฝุ่นอยู่ในมาตรฐาน IP66 โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 (Hikvision, ม.ป.ป.)



รูปที่ 3 กล้อง HIKVISION รุ่น DS-2DE2C400MWG-4G

ในส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งก็คือระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบโดยรวมทั้งหมดจะสามารถเลือกได้สองรูปแบบ คือระบบชาร์จไฟฟ้าผ่านไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ และ ระบบชาร์จไฟจากโซล่าเซลล์ โดยจะทำการผ่านระบบการชาร์จไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งในส่วนแรกจะเป็น ตัวแปลงกระแสไฟฟ้าโซล่าเซลล์

(Solar Inverter) ดังแสดงดังรูปที่ 4 จะทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับเพื่อใช้ในงานที่จำเป็นต้องใช้กระแสสลับในพื้นที่ในป่าลึก โดยมีคุณสมบัติในการรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านอินพุตอยู่ระหว่าง 10 โวลต์ ถึง 14.8 โวลต์และให้แรงดันเอาต์พุตเป็นไฟฟ้ากระแสสลับได้ระหว่าง 200 โวลต์ ถึง 240 โวลต์ ที่ความถี่ 50 ถึง 60 เฮิร์ตซ์ โดยอัตราการส่งกำลังเอาต์พุตสูงสุดอยู่ที่ 2000 วัตต์ (Bewon Lighting, ม.ป.ป.)



รูปที่ 4 ตัวจัดการไฟฟ้าโซล่าเซลล์ (Solar Inverter)

ในส่วนของตัวควบคุมการชาร์จของโซล่าเซลล์ (Solar Charge Controller) เป็นโซล่าชาร์จเจอร์แบบ PWM ขนาด 30A 12V/24V สามารถควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ให้คงที่ด้วยระบบดิจิตอลขนาด 30A แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 12V/24V โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 (Bewon Lighting, ม.ป.ป.)



รูปที่ 5 ตัวควบคุมการชาร์จของโซล่าเซลล์ (Solar Charge Controller)

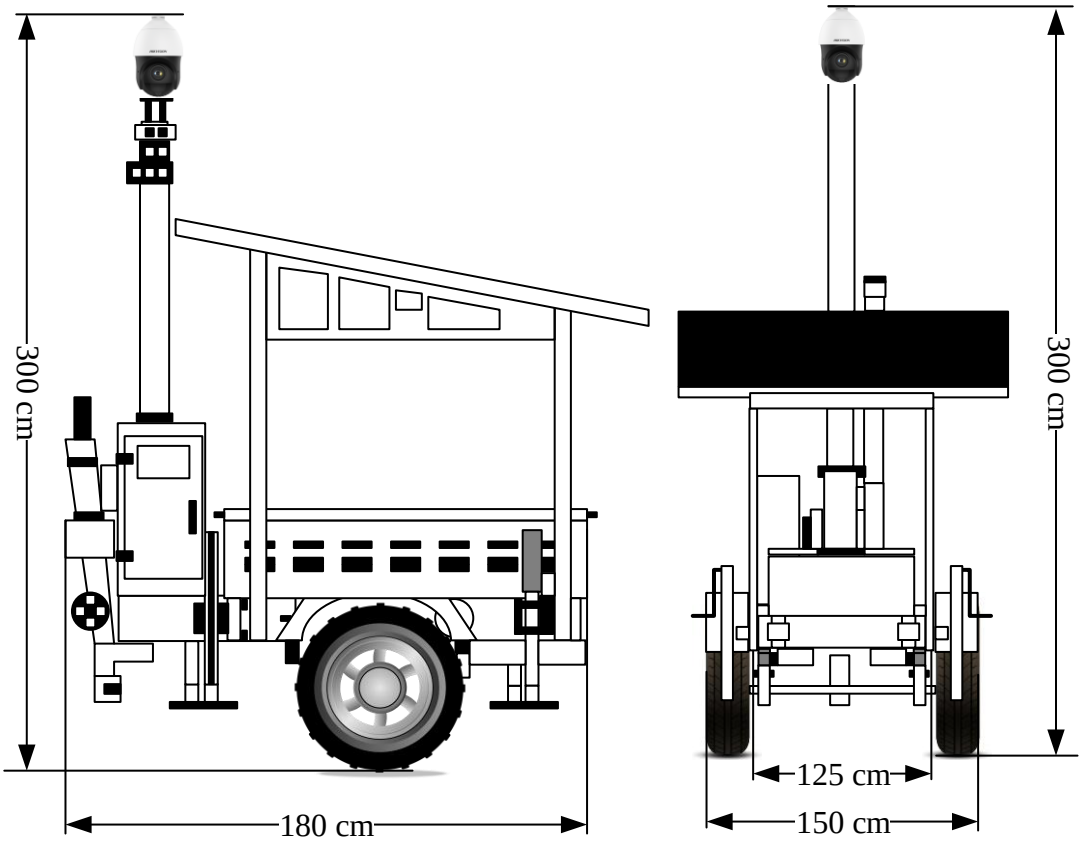
สำหรับแผงโซล่าเซลล์นั้น โครงการวิจัยนี้จะเลือกใช้โซล่าเซลล์ขนาด 170 วัตต์ ค่าแรงดันแผงโซล่าเซลล์ตอนมีโหลดได้ที่ 18.8 โวลต์ ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดตอนไม่มีโหลดได้ที่ 22.56 โวลต์ ค่ากระแสแผงโซล่าเซลล์ตอนมีโหลดได้ที่ 9.08 แอมป์ และค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดตอนไม่มีโหลดอยู่ที่ 10.21 แอมป์ ส่วนของชนิดเซลล์เป็นแบบ Mono-si และขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 148x68x3.5 เซ็นติเมตร

สำหรับแบตเตอรี่โซล่าเซลล์จะเลือกใช้ขนาด 100Ah 12 โวลต์ ดังรูปที่ 6 เป็นแบตเตอรี่ดีพไซเคิลแบบเจล (Deep Cycle Gel Battery) โดยใช้เทคโนโลยีเจลซิลิกาขับเคลื่อนอิเล็กโทรไลต์ สามารถปล่อยประจุในการใช้งานได้ 95% ของประจุไฟฟ้าทั้งหมด (LVTopsun, (ม.ป.ป.))



รูปที่ 6 แบตเตอรี่ดีพไซเคิลแบบเจล (Deep Cycle Gel Battery)

ขนาดของสถานีถ่ายทอดสดเคลื่อนที่จะมีขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 150x180x300 เซ็นติเมตร โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 โดยที่ตัวเสาจะถูกยึดติดกับตัวกล้อง สามารถปรับความสูงได้ตั้งแต่ 175 เซ็นติเมตร ไปจนถึง 300 เซ็นติเมตร



รูปที่ 7 ขนาดความกว้าง x ยาว x สูงของระบบที่นำเสนอ



รูปที่ 8 ภาพโดยรวมของระบบสถานีถ่ายทอดสดเคลื่อนที่

การพัฒนาระบบของงานวิจัยนี้หนึ่งในปัจจัยหลักที่ต้องคำนึงถึงในการนำระบบที่ถูกนำเสนอไปใช้งาน คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าโดยรวม ซึ่งจะสามารถหาอัตราการกินกระแสไฟฟ้าโดยรวมได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$I_{total} = I_{CCTV} + I_{SSI} + I_{HPSI} + I_{SCC} \quad (1)$$

โดย I_{total} คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าโดยรวมของระบบ

I_{CCTV} คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้ากล้องถ่ายทอดสดนกยูง

I_{SSI} คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าของตัวจัดการไฟฟ้าโซล่าเซลล์ (Solar Smart Inverter)

I_{HPSI} คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าของตัวจัดการช่วยในการสลับกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรง เป็นกระแสสลับ (High Power Socket Inverter)

I_{SCC} คือ อัตราการกินกระแสไฟฟ้าของตัวควบคุมการชาร์จของโซล่าเซลล์

จากสมการที่ 1 จะสามารถคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองของการใช้พลังงานโดยรวมทั้งหมดได้จาก

$$I_{total} = 750mA + 500mA + 500mA + 400mA = 2150mA \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 จะเห็นได้ว่าระบบที่นำเสนอจะใช้แบตเตอรี่โซล่าเซลล์ 100Ah ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 1 ก้อน ต่อชุดถ่ายทอดสด 1 ชุด ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ดีพไซเคิล ดังแสดงได้ดังภาพ 11 โดยเราสามารถหาค่าอัตราการกินกระแสไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ในระบบที่คำนวณได้จากสมการที่ 2 คือ 2,150 มิลลิแอมป์ หรือ 2.15 แอมป์ ดังนั้น สามารถคำนวณระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ 1 ก้อนจากระบบถ่ายทอดสด 1 ชุดได้จากสมการที่ 3 ดังต่อไปนี้

$$T = \frac{Capacity}{I_{total}} = \frac{100}{2.15} = 46.512\ hours \quad (3)$$

ดังนั้นแบตเตอรี่ขนาด 100 แอมป์จะสามารถจ่ายไฟให้อุปกรณ์ทั้งหมดได้ประมาณ 46.512 ชั่วโมงต่อการชาร์จทั้งหมด 1 ครั้ง ต่อแบตเตอรี่ 1 ก้อน

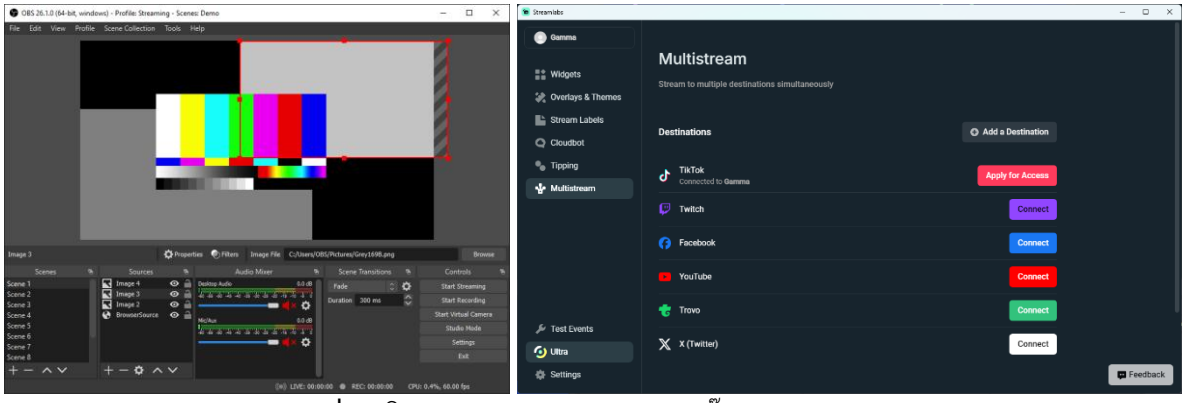


รูปที่ 9 ภาคจ่ายกระแสไฟฟ้าหลักของระบบที่นำเสนอ

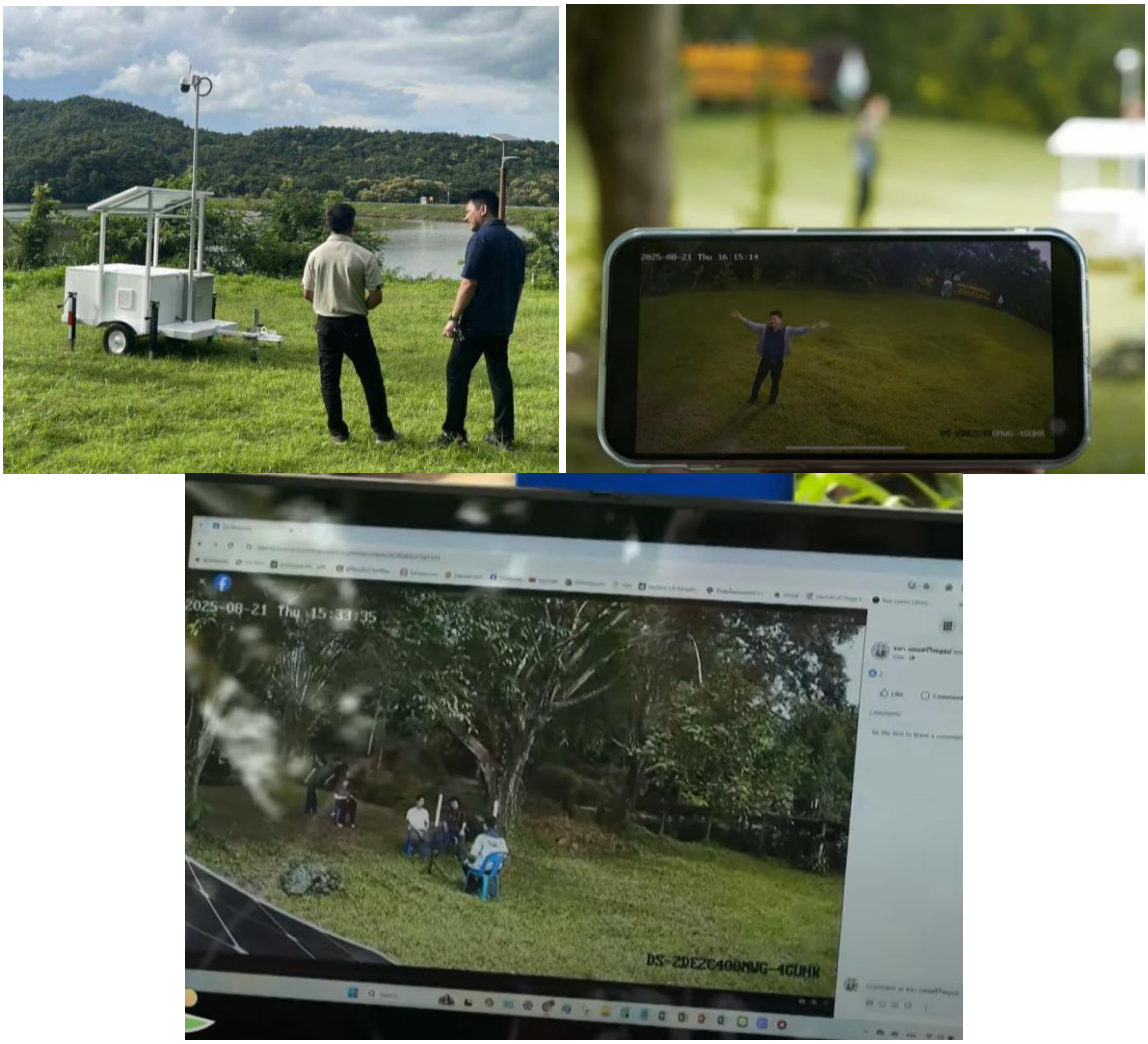
ผลการทดลอง

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงผลการทดลองของระบบถ่ายทอดสดเคลื่อนที่สำหรับการอนุรักษ์สัตว์ป่าโดยตัวสถานีถ่ายทอดสดที่นำเสนอในงานวิจัยได้ถูกนำไปทดสอบติดตั้งที่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ (Wiang-lor Wildlife Sanctuary) อำเภอเวียงลอ จังหวัดพะเยา เพื่อใช้ทดสอบและสังเกตุพฤติกรรมของนกยูงไทย หรือ นกยูงสีเขียว (Green Peafowl) ซึ่งบริเวณดังกล่าวถือว่าเป็นที่มั่นสุดท้ายของนกยูงไทย โดยปัจจุบันมีประชากรของนกยูงไทยอยู่ที่ประมาณ 4,000 ถึง 5,000 ตัว (ธนานันท์ โชติประเสริฐคุณ, (2020)) โดยการถ่ายทอดสดจะอาศัยซอฟต์แวร์ถ่ายทอดสด OBS Studio โดยอาศัยปลั๊กอินของ Streamlabs เป็นตัวช่วย ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 10 โดยโปรแกรมดังกล่าวเป็นโปรแกรมสลับสัญญาณภาพเสียง ใช้ในการบันทึกภาพ หรือถ่ายทอดสดทั้งภาพและเสียง (Live Streaming) ซึ่งเหมาะสำหรับนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบวิดีโอและเสียง ผู้ใช้สามารถอัดวิดีโอกิจกรรมต่าง ๆ บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และรับสัญญาณวิดีโอจากกล้อง เพื่อมาแสดงผลในหน้าต่างเดียวกันไปพร้อมๆ กันได้ สามารถเผยแพร่เนื้อหาวิดีโอไปยังโลกออนไลน์ในแบบ Live โดยที่เว็บไซต์นั้นจะต้องมีบริการ Stream Service ให้บริการ ไม่ว่าจะเป็น TikTok Facebook

Twitter YouTube และเว็บไซต์ออนไลน์อื่น ๆ โปรแกรม OBS Studio หรือ Open Broadcaster Software Studio เป็นโปรแกรมฟรีแวร์ (Freeware) ไม่มีค่าใช้จ่าย ใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ WindowsMac OS และ Linux



รูปที่ 10 โปรแกรม OBS Studio พร้อมปลั๊กอิน Streamlabs



รูปที่ 11 การนำระบบสถานีถ่ายทอดสดเคลื่อนที่เข้าพื้นที่ติดตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ เพื่อทดสอบระบบใน Facebook และ YouTube



รูปที่ 12 สัญญาณภาพสดของนกยูงเขียวที่สามารถถ่ายทอดสด ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ

จากการติดตั้งสถานีถ่ายทอดสดเคลื่อนที่ในพื้นที่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยใน รูปที่ 11 แสดงการนำระบบเข้าสู่พื้นที่จริงเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของการถ่ายทอดสดไปยังแพลตฟอร์มออนไลน์ทั้ง Facebook และ YouTube ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสามารถเชื่อมต่อสัญญาณได้อย่างต่อเนื่อง แม้ในพื้นที่ห่างไกล และคุณภาพของภาพและเสียงยังคงมีความคมชัดเพียงพอสำหรับการรับชม

ดังรูปที่ 12 แสดงสัญญาณภาพสดของ นกยูงเขียว ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการทดลอง โดยกล้องสามารถบันทึกและส่งสัญญาณภาพแบบเรียลไทม์ได้สำเร็จ สัญญาณที่เผยแพร่สามารถรับชมได้จากผู้ใช้งานออนไลน์ในหลายแพลตฟอร์ม แสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำระบบนี้ไปใช้เพื่อ การติดตามพฤติกรรมสัตว์ป่าในระยะยาว ตลอดจนช่วยในการประชาสัมพันธ์และการสร้างการมีส่วนร่วมของสังคมผ่านโซเชียลมีเดีย
ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ระบบถ่ายทอดสดเคลื่อนที่ที่พัฒนาขึ้น สามารถตอบโจทย์การใช้งานจริงในภาคสนาม และมีศักยภาพที่จะขยายผลไปใช้กับสัตว์ป่าชนิดอื่น ๆ หรือพื้นที่อนุรักษ์แห่งอื่นได้ในอนาคต

สรุปผลและอธิปรายผล

จากการวิจัยและพัฒนาระบบถ่ายทอดสดเคลื่อนที่สำหรับการอนุรักษ์สัตว์ป่า พบว่าระบบที่นำเสนอสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการบันทึกและส่งสัญญาณภาพสดไปยังแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียยอดนิยม เช่น Facebook และ YouTube โดยการทดสอบภาคสนาม ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ จังหวัดพะเยา สามารถแสดงผลการทำงานได้จริง แม้ในสภาพพื้นที่ห่างไกลที่มีข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐาน ระบบยังคงรักษาคุณภาพสัญญาณภาพและเสียงได้อย่างต่อเนื่องและมีความคมชัดเพียงพอสำหรับการรับชม

ผลการถ่ายทอดสดพฤติกรรมของนกยูงเขียว แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบในการนำไปใช้ติดตามและศึกษาพฤติกรรมสัตว์ป่าแบบเรียลไทม์ ทั้งนี้ยังสามารถเผยแพร่ไปยังสาธารณชนเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจ และ

การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สัตว์ป่าได้อย่างกว้างขวาง การใช้โซเชียลมีเดียเป็นช่องทางหลัก ทำให้ระบบมีความเหมาะสมกับบริบทของคนรุ่นใหม่ที่เข้าถึงเทคโนโลยีดิจิทัลได้ง่าย

การอภิปรายผลชี้ให้เห็นว่า ระบบถ่ายทอดสดเคลื่อนที่นี้ไม่เพียงตอบโจทย์ด้านการวิจัยและติดตามสัตว์ป่าเท่านั้น แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือด้านการศึกษา การประชาสัมพันธ์ และการสร้างจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมในวงกว้าง อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นในการขยายผลไปสู่สัตว์ป่าชนิดอื่นหรือพื้นที่อนุรักษ์เพิ่มเติมในอนาคต อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่อาจเป็นข้อจำกัดของระบบ ได้แก่ ความเสถียรของสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์มือถือในบางพื้นที่ และการพึ่งพาแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศ

โดยสรุป ระบบถ่ายทอดสดเคลื่อนที่ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถตอบสนองความต้องการในการอนุรักษ์สัตว์ป่าได้อย่างแท้จริง ทั้งในเชิงวิชาการ การประยุกต์ใช้จริงในพื้นที่ และการสร้างการมีส่วนร่วมของสังคมผ่านเครือข่ายออนไลน์ ซึ่งมีศักยภาพในการพัฒนาและต่อยอดไปสู่การใช้งานที่กว้างขวางยิ่งขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมโครงการทุกท่านที่ได้แบ่งปันประสบการณ์และข้อมูลในการสำรวจทั้งก่อนและหลังการวิจัย รวมถึงเพื่อนร่วมงานและเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ จังหวัดพะเยา ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งทางตรงและทางอ้อมจนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 (สัญญาเลขที่ PD67003)

เอกสารอ้างอิง

WWF & Zoological Society of London. (2022). *Living Planet Report 2022*. WWF. https://www.worldwildlife.org/publications/living-planet-report-2022

International Union for Conservation of Nature. (n.d.). *The IUCN Red List of Threatened Species*. https://www.iucnredlist.org/

Wiens, J. A. (2011). Habitat loss, the dynamics of biodiversity, and a perspective on conservation. *The American Naturalist, 178*(1), 1–13. https://doi.org/10.1086/660305

IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. IPBES Secretariat. https://ipbes.net/global-assessment

Convention on Biological Diversity. (2014). *The health effects of climate change impacts on biodiversity* (Technical Series No. 79). Secretariat of the Convention on Biological Diversity. https://www.cbd.int/doc/health/cohab-policy-brief3-en.pdf

Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Urbanization as a driver of global change. *Annual Review of Environment and Resources, 37*, 22.1–22.25. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130456

Bergman, J., Buxton, R., Lin, H.-Y., Lenda, M., Attinello, K., Hajdasz, A., Rivest, S., Tran Nguyen, T., Cooke, S., & Bennett, J. (2022). Evaluating the benefits and risks of social media for wildlife conservation. *FACETS, 7*, 360–397. https://doi.org/10.1139/facets-2021-0112

Shaw, M. N., Borrie, W. T., McLeod, E. M., & Miller, K. K. (2022). *Wildlife photos on social media: A quantitative content analysis of conservation organisations' Instagram images*. Animals, 12(14), 1787. https://doi.org/10.3390/ani12141787

Chaiwongsai, J., Jeefoo, P., Udomsripaiboon, T., Amorndechaphon, D., & Srisungsittisunti, B. (2024). Green peafowl detection system for paddy field value creation in Phayao area. In *2024 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)* (pp. 1–6).

Chowdhury, S., Fuller, R. A., Ahmed, S., Alam, S., Callaghan, C. T., Das, P., Correia, R. A., Di Marco, M., Di Minin, E., & Jarić, I. (2023). Using social media records to inform conservation planning. *Conservation Biology, 38*(1), e14161. https://doi.org/10.1111/cobi.14161

The Wildlife Society. (2024, November 8). Social media can boost caracal conservation. *The Wildlife Society*. Retrieved from https://funnel.in.th/an-article-is/

Bandi, N., Reddy, S., Sadhanala, M., Tibirisettti, V., & Muggulla, S. (2020). Movable surveillance camera using IoT and Raspberry Pi. In *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* (pp. 1–6). IEEE.

Ma, Z., Dong, Y., Xia, Y., Xu, D., Xu, F., & Chen, F. (2024). Wildlife real-time detection in complex forest scenes based on YOLOv5s deep learning network. *Remote Sensing, 16*(8), 1350. https://doi.org/10.3390/rs16081350

Ojo, M. O., Adami, D., & Giordano, S. (2021). Experimental evaluation of a LoRa wildlife monitoring network in a forest vegetation area. *Future Internet, 13*(5), 115. https://doi.org/10.3390/fi13050115

Lalitha, V., Venkat, R. M., Nirmal, R. N., & Ramanan, D. (2024). GUARDIAN PI: Raspberry based night surveillance camera. In *2024 International Conference on Power, Energy, Control and Transmission Systems (ICPECTS)* (pp. 1–6).

Aarju, Singh, R., Bahuguna, R., & Kaur, H. (2023). Enabling technologies for wildlife conservation. In *2023 IEEE Devices for Integrated Circuit (DevIC)* (pp. 217–222). IEEE.

Smith, J., Wycherley, A., Mulvaney, J., Lennane, N., Reynolds, E., Monks, C.-A., Evans, T., Mooney, T., & Fancourt, B. (2024). Man versus machine: Cost and carbon emission savings of 4G-connected artificial intelligence technology for classifying species in camera trap images. *Scientific Reports, 14*(1), 14530. https://doi.org/10.1038/s41598-024-51890-1

บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน). (ม.ป.ป.). AIS 4G Board. สืบค้นจาก https://www.ais.th/business/enterprise/technology-and-solution/5G-and-iot/hardware/ais-4g-board

Hikvision. (ม.ป.ป.). DS-2DE2C400MWG-4G. สืบค้นจาก https://www.hikvision.com/th/products/IP-Products/Network-chaCameras/Wi-Fi-Series/ds-2de2c400mwg-4g/

Bewon Lighting. (ม.ป.ป.). Power supply & inverter. สืบค้นจาก https://www.bewonlighting.com/category/powersupply-inverter/

LVTopsun. (ม.ป.ป.). LVTopsun. สืบค้นจาก https://www.lvtopsun.com/th/

ธนานันท์ โชติประเสริฐคุณ. (2020). พบนกยูงในป่าอนุรักษ์ จ.พะเยา 4,000–5,000 ตัว. *Green Network.* สืบค้นจาก https://www.greennetworkthailand.com

การควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือด้วยตัวควบคุม PID เหมาะสมที่สุด

Load Frequency Control in Shipboard Microgrids by Optimal PID Controller

ภูวดล พิมพิลา[1] ณัฏฐนรี ปรีจันทร์[1] ภูบดินทร์ อุทธโยธา[1] ธนิษฐา นำแจ้[1] และ จงลักษณ์ พาหะซา[1*]

Poohwadon Pimpila[1], Natthanaree Prechan[1], Phubodin Uttayota[1], Thanittha Namchae[1] and Jonglak Pahasa[1*]

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนและข้อจำกัดที่เข้มงวดเกี่ยวกับมลพิษทางทะเล ทำให้การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานคลื่นทะเล เป็นส่วนหนึ่งของแหล่งผลิตไฟฟ้าให้กับไมโครกริดบนเรือ อย่างไรก็ตาม ความผันผวนของกำลังไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนทำให้การควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือมีความผันผวนมากยิ่งขึ้น บทความนี้นำเสนอการควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือด้วยตัวควบคุมแบบสัดส่วน–ปริพันธ์–อนุพันธ์ เหมาะสมที่สุด (Optimal proportional–integral–derivative: Opt–PID) โดยตัวควบคุม Opt–PID ที่นำเสนอถูกใช้เพื่อควบคุมการประจุ/การคายประจุของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage systems: BESS) ซึ่ง Opt–PID หาค่าเหมาะที่สุดด้วยตัวหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (Mirage search optimization: MSO) ที่มีวัตถุประสงค์ของการหาค่าเหมาะสมที่สุดเพื่อควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะที่สุด (Opt–PID) ที่นำเสนอ สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ได้ดีกว่า การควบคุมด้วย PID ทั่วไป (Conventional PID: C–PID) ภายใต้การทำงานของไมโครกริดบนเรือที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การควบคุมความถี่โหลด, ไมโครกริดบนเรือ, ตัวควบคุมพีไอดี, ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่, การหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Electrical Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author : jonglak.pa@up.ac.th

Abstract

The rapid advancement of renewable energy technologies and the enforcement of strict marine pollution regulations have led to the integration of solar, wind, and wave energy as power sources for shipboard microgrids (SMGs). However, the intermittency of renewable energy generation exacerbates fluctuations in load frequency regulation within SMGs. This paper proposes a load frequency control strategy for shipboard microgrids using an optimal proportional–integral–derivative (Opt–PID) controller. The proposed Opt–PID controller is applied to regulate the charging and discharging of battery energy storage systems (BESS). The Opt–PID controller parameters are optimized using the Mirage search optimization (MSO) algorithm, with the objective of enhancing load frequency stability in shipboard microgrids. Simulation results demonstrate that the proposed Opt–PID controller outperforms conventional PID (C–PID) control strategies by effectively reducing frequency deviations under various shipboard operating conditions.

Keywords: Load frequency control, shipboard microgrid, PID controller, battery energy storage system, mirage search optimization

บทนำ

ไมโครกริดบนเรือคือไมโครกริดที่รวมแหล่งจ่ายแบบกระจายตัว (Distributed generation: DG) ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage systems: BESS) และโหลดบนเรือ โดยแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy sources: RES) เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานคลื่น ได้รับความสนใจให้เป็นแหล่งจ่ายของไมโครกริดบนเรือมากขึ้น ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เนื่องจากกฎระเบียบด้านมลพิษทางทะเลที่เข้มงวดยิ่งขึ้น [1–2] อย่างไรก็ตาม การพึ่งพาการเชื่อมต่อระบบไมโครกริดด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังและลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องของแหล่งพลังงานหมุนเวียน โดยเฉพาะกังหันลมและพลังงานคลื่นทะเล ส่งผลให้ไมโครกริดบนเรือมีแรงเฉื่อยต่ำ (Low inertia) และความถี่ไม่มีเสถียรภาพ ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESSs) จึงถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงแรงเฉื่อยเสมือนและเพิ่มเสถียรภาพความถี่ในไมโครกริดบนเรือ [3–4] การควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสามารถรักษาแรงเฉื่อยเสมือนและเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความถี่ไมโครกริดได้ อย่างไรก็ตาม สำหรับไมโครกริดบนเรือ แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าที่มีความผันผวนสูงจากพลังงานคลื่นทะเล กังหันลม และพลังงานแสงอาทิตย์ทำให้เกิดความผันผวนของความถี่อย่างรุนแรง การควบคุม BESS เพื่อรักษาความถี่ของไมโครกริดบนเรือจึงต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพที่จะสามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ได้อย่างดีมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ การนำระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESSs) มาใช้เพื่อลดการแกว่งของความถี่ไมโครกริดบนเรือจำเป็นต้องออกแบบตัวควบคุมให้สามารถลดการแกว่งของความถี่ให้ได้ดีที่สุด โดยตัวควบคุมที่นิยมใช้ได้แก่ ตัวควบคุมพีไอดี (Proportional–integral–derivative: PID) ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นตัวควบคุมที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและใช้งานง่าย อย่างไรก็ตาม การหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่เหมาะที่สุด ที่สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ได้ดีที่สุดก็เป็นสิ่งจำเป็น โดยเมื่อเร็วๆ นี้ได้มีการนำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (Mirage search optimization: MSO) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมเชิงเมตาฮิวริสติก ที่สามารถหาค่าเหมาะที่สุดได้ดีกว่าวิธีการดั้งเดิม เช่น อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA) และ (Firefly algorithm: FLA) [5–6] ยิ่งขึ้น

บทความนี้นำเสนอการควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือด้วยตัวควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ เหมาะสมที่สุด (Optimal proportional-integral-derivative: Opt-PID) โดยตัวควบคุม Opt-PID ที่นำเสนอถูกใช้เพื่อควบคุมการประจุ/การคายประจุของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage systems: BESS) ซึ่ง Opt-PID หาค่าเหมาะที่สุดด้วยตัวหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (Mirage search optimization: MSO) ที่มีวัตถุประสงค์ของการหาค่าเหมาะสมที่สุดเพื่อควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะที่สุด (Opt-PID) ที่นำเสนอ สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ได้ดีกว่า การควบคุมด้วย PID ทั่วไป (Conventional PID: C-PID) ภายใต้การทำงานของไมโครกริดบนเรือที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะสมที่สุด (Opt-PID) เพื่อควบคุมความถี่โหลดของไมโครกริดบนเรือ

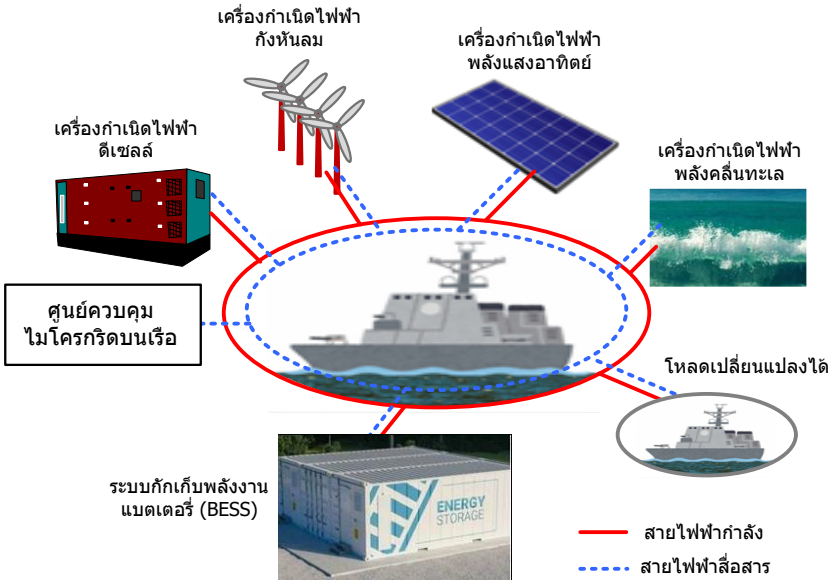
2. เพื่อออกแบบตัวควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะสมที่สุด เพื่อควบคุมความถี่โหลดของไมโครกริดบนเรือ

3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมพีไอดีเหมาะที่สุดที่นำเสนอและวิธีการควบคุมพีไอดีทั่วไป (C-PID) ในการควบคุมความถี่โหลดของไมโครกริดบนเรือ ภายไต้การทำงานที่แตกต่างกัน

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

1. ไมโครกริดบนเรือ

ไมโครกริดบนเรือ คือระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กแบบแยกโดด (Islanded system) ที่ทำงานเหมือนโครงข่ายไฟฟ้าอิสระบนเรือ เพื่อผลิตและจ่ายไฟฟ้าให้โหลดต่างๆ บนเรือได้อย่างมีประสิทธิภาพ มั่นคง โดยอาจรวมแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์) แบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน และระบบควบคุมอัจฉริยะเข้าด้วยกัน ตัวอย่างไมโครกริดบนเรือแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งระบบประกอบไปด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (Diesel generator: DS), เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม (Wind turbine generator: WTG), เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic generator: PVG), เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานคลื่นทะเล (Sea wave energy generator: SWEG), โหลดเปลี่ยนแปลงได้ (Varying load), ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) โดยศูนย์ควบคุมไมโครกริดบนเรือ (SMG control center) ทำหน้าที่ควบคุมไมโครกริด โดยเส้นทึบสีเทาแสดงถึงสายส่งไฟฟ้า (Power line) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังโหลด และเส้นประสีน้ำเงินแสดงถึงการส่งสัญญาณผ่านช่องทางการสื่อสาร (Communication line) เพื่อให้ศูนย์ควบคุมไมโครกริดสามารถควบคุมไมโครกริดได้ เช่น การควบคุมความถี่ดังได้นำเสนอในบทความนี้



รูปที่ 1 ไมโครกริดบนเรือ

วิธีวิทยาการวิจัย

1. แบบจำลองเชิงเส้นของไมโครกริดบนเรือที่มีระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองเชิงเส้นของไมโครกริดบนเรือที่มีระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งระบบประกอบไปด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานคลื่นทะเล, โหลดเปลี่ยนแปลงได้, ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) โดยการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริดบนเรือ (Δf) ในรูปที่ 2 สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\Delta f = \frac{1}{2Hs + D}\Delta P \tag{1}$$

$$\Delta P = \Delta P_{DS} + \Delta P_{RES} - \Delta P_{Load} + \Delta P_{BESS} \tag{2}$$

$$\Delta P_{RES} = \Delta P_{PVG} + \Delta P_{WTG} + \Delta P_{SWEG} \tag{3}$$

โดยที่ H คือ แรงเฉื่อยไมโครกริด

D คือ การหน่วง

P_{DS} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์

P_{RES} คือ กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน

P_{Load} คือ กำลังไฟฟ้าของความต้องการโหลด

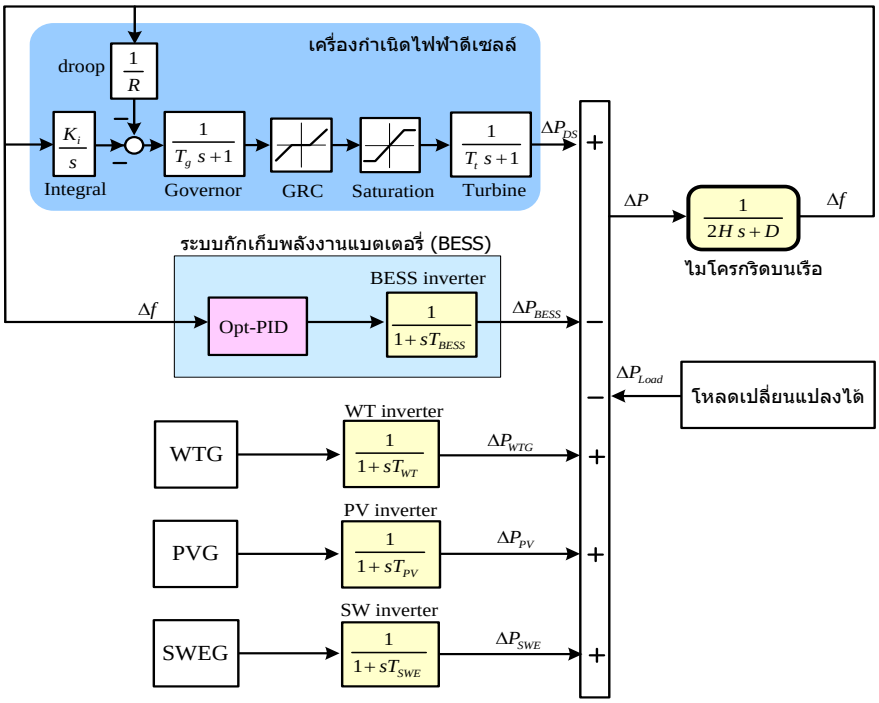
P_{BESS} คือ กำลังไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

P_{PVG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์

P_{WTG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม

P_{SWEG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานคลื่นทะเล

Δ คือ การเบี่ยงเบนของสัญญาณ



รูปที่ 2 แบบจำลองเชิงเส้นของไมโครกริดบนเรือที่ใช้ในการศึกษา

2. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมภาพลวงตา

งานวิจัยนี้จะใช้อัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (MSO) [5–6] ทำการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมที่สุด โดยวัตถุประสงค์ของการควบคุมคือ การหาค่าน้อยสุดของการเบี่ยงเบนความถี่ (Δf) ปัญหาการหาค่าเหมาะสมแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Minimize } J = \int_{t_{init}}^{t_{final}} |\Delta f(t)| dt \tag{4}$$

$$\text{Subject to} \quad K_p^{\min} \le K_p \le K_p^{\max}$$

$$K_i^{\min} \le K_i \le K_i^{\max}$$

$$K_d^{\min} \le K_d \le K_d^{\max}$$

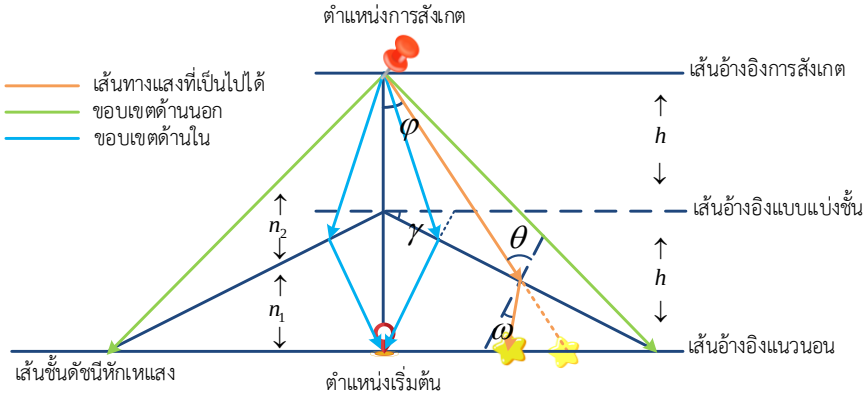
โดยที่ t คือ เวลาในการจำลอง

t_{init} คือ เวลาเริ่มต้นของการจำลอง

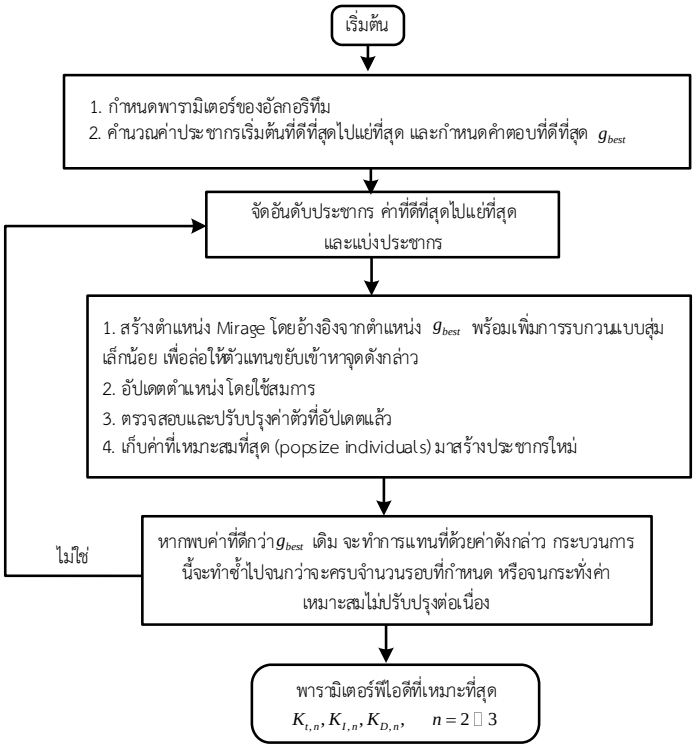
t_{final} คือ เวลาสิ้นสุดของการจำลอง

กระบวนการค้นหาค่าเหมาะสมกระทำภายใต้ข้อจำกัดของพารามิเตอร์ตัวควบคุม $K_p^{\min} \le K_p \le K_p^{\max}$, $K_i^{\min} \le K_i \le K_i^{\max}$, $K_d^{\min} \le K_d \le K_d^{\max}$ ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้กำหนดช่วงค่าที่เป็นไปได้ของพารามิเตอร์ เพื่อให้ได้ตัวควบคุมที่มีความเสถียรและสามารถใช้งานได้จริง

ดังนั้น ปัญหาการหาค่าเหมาะสมในงานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าเป็นการใช้ MSO เพื่อปรับจูนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นการลดการเบี่ยงเบนของความถี่ในไมโครกริดบนเรือ



รูปที่ 3 การค้นหาภาพลวงตาเชิงล่างของขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมภาพลวงตา



รูปที่ 4 ขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมภาพลวงตา

รูปที่ 3 แสดงการค้นหาภาพลวงตาเชิงล่างของขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมภาพลวงตา และรูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (MSO) โดย ค่าอินพุต (Input) ประกอบด้วย จำนวนตัวแทนค้นหา (Search agents) = popsize , จำนวนรอบการทำซ้ำสูงสุด = T , มิติของตัวแปร = Dim และค่าเอาต์พุต (Output) ประกอบด้วย คำตอบที่ดีที่สุด X_{best} และค่าฟิตเนส f_{best}

ผลการศึกษา

ในบทความนี้จะใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีพีไอดีเหมาะสมที่สุด (Opt-PID) ที่นำเสนอ สำหรับควบคุมการประจุ/การคายประจุของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) เพื่อลดการเบี่ยงเบน

ความถี่ในไมโครกริดบนเรือ ระบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นระบบไมโครกริดบนเรือดังแสดงในรูปที่ 2 โดย ข้อมูลไมโครกริดบนเรือ ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้ [1–2]

ค่าความถี่ฐาน (Based frequency) $f_{ref} = 50\,\text{Hz},$ ค่าความเฉื่อย (Inertia) $H = 0.06\,\text{s},$

ค่าความหน่วง (Damping) $D = 0.12\ \text{pu},$

ค่าคงตัวทางเวลาของตัวปรับความเร็ว (Governor time constant) $T_g = 0.1\text{s},$

ค่าคงตัวทางเวลาของกังหัน (Turbine time constant) $T_t = 0.4\ \text{s},$

ค่าดรูป (Droop) $R = 2.4\,\text{Hz}/\,\text{pu.MW},$ ค่าเกนของตัวอินทิกรัล (Integral gain) $K_i = 0.2\ \text{s}$

และข้อมูลระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้ [3–4]

ขนาดกำลังไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ $P_{BESS} = 5\ \text{MW},$

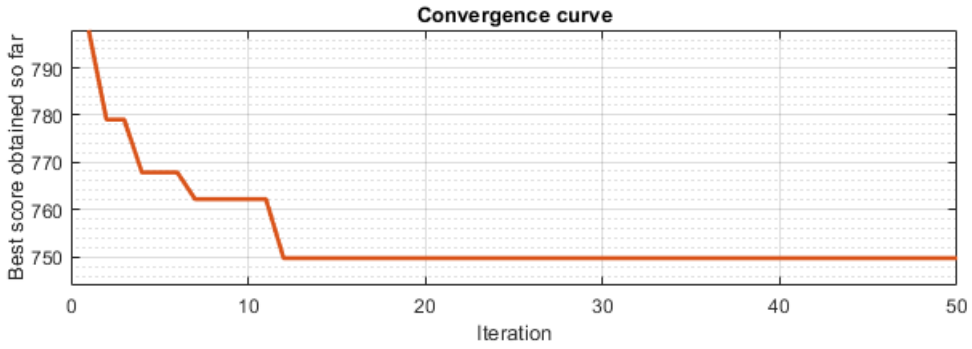
ค่าคงตัวทางเวลาของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ $T_{BESS} = 1\ \text{s},$

โดยวิธี Opt–PID ที่นำเสนอจะเปรียบเทียบกับ อีก 2 วิธีคือ No–BESS และ C–PID โดยวิธี w/o–BESS คือ ระบบไมโครกริดบนเรือที่ไม่ใช้ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) ในการควบคุมความถี่ไมโครกริด และ C–PID คือ การใช้ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่เพื่อช่วยลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริดดังรูปที่ 2 แต่ควบคุมด้วยตัวควบคุม PID ทั่วไป ที่ออกแบบโดยใช้ฟังก์ชัน “Tune” ในโปรแกรม MATLAB/Simulink

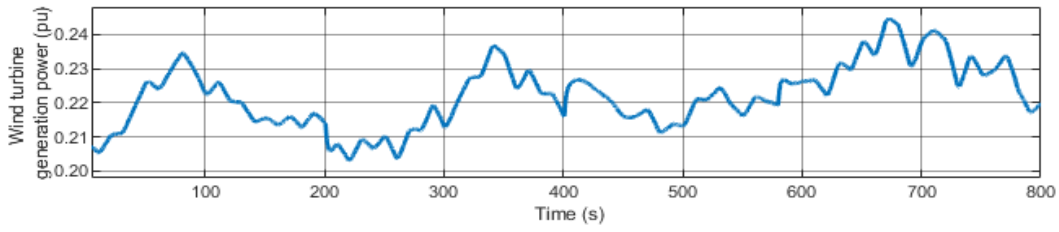
ในการหาค่าเหมาะที่สุดของตัวควบคุมพีไอดีเหมาะสมที่สุด (Opt–PID) สำหรับควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ พารามิเตอร์การค้นหาสำหรับอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา คือ ขนาดประชากร (Population size) = 12, จำนวนรอบการทำซ้ำสูงสุด (T) = 100

เส้นโค้งการลู่เข้า (Convergence curve) ของอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตาแสดงดังรูปที่ 5 และค่าพารามิเตอร์พีไอดีเหมาะที่สุดที่หาได้คือ

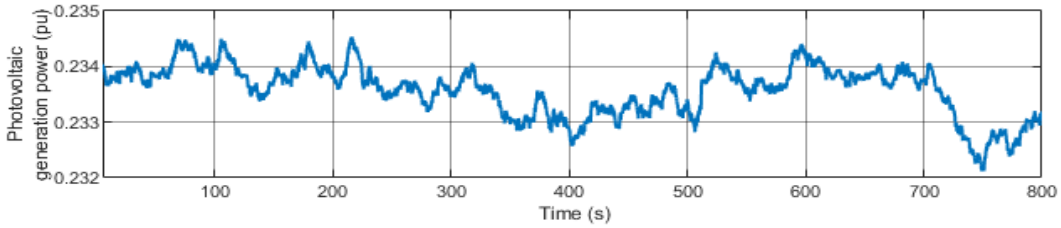
Opt–PID $K_p = 65.83, K_i = 0.2371, K_d = 5.12$



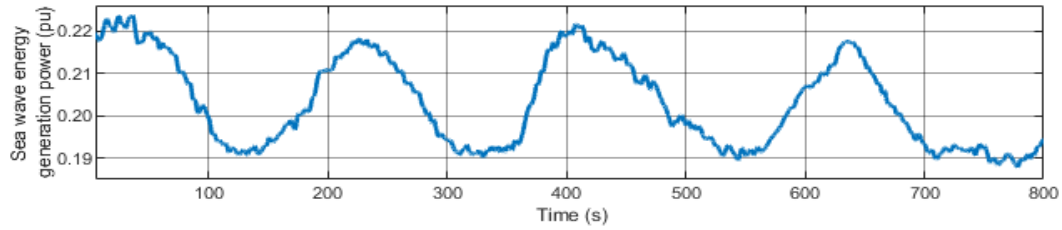
รูปที่ 5 เส้นโค้งการลู่เข้า (Convergence curve) ของอัลกอริทึมภาพลวงตาอัลกอริทึมภาพลวงตา



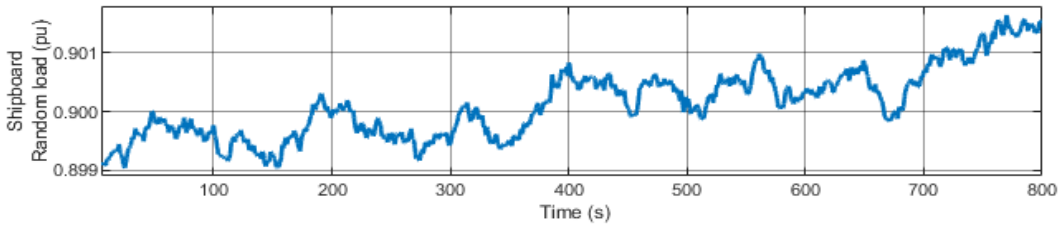
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 6 กรณีศึกษา (ก) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (ข) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ (ค) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังคลื่น และ (ง) โหลดแบบสุ่ม

รูปที่ 6 แสดงกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม (WTG), กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานคลื่นทะเล (SWEG), กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (PVG) และโหลดแบบสุ่ม (Random load) กรณีศึกษา

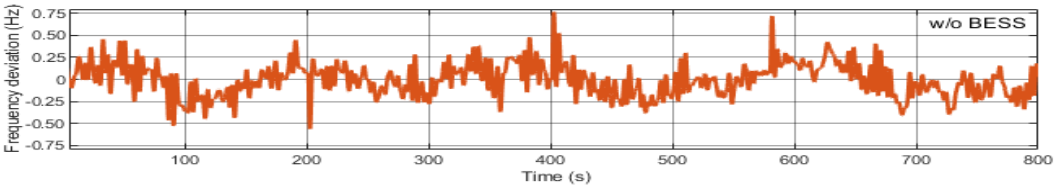
กรณีศึกษา 1: ในสภาวะที่มีแหล่งจ่ายทั้งหมดได้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังแสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังคลื่นทะเล

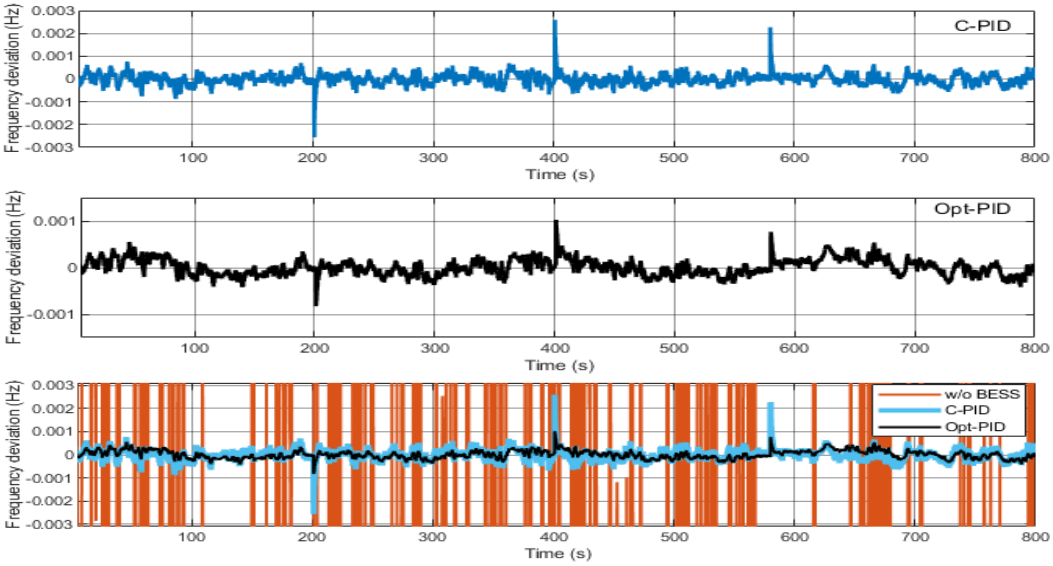
กรณีศึกษา 2: ในสภาวะที่มีแหล่งจ่ายเดียว ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังแสงอาทิตย์

กรณีศึกษา 3: ในสภาวะที่มีแหล่งจ่ายเดียว ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังลม

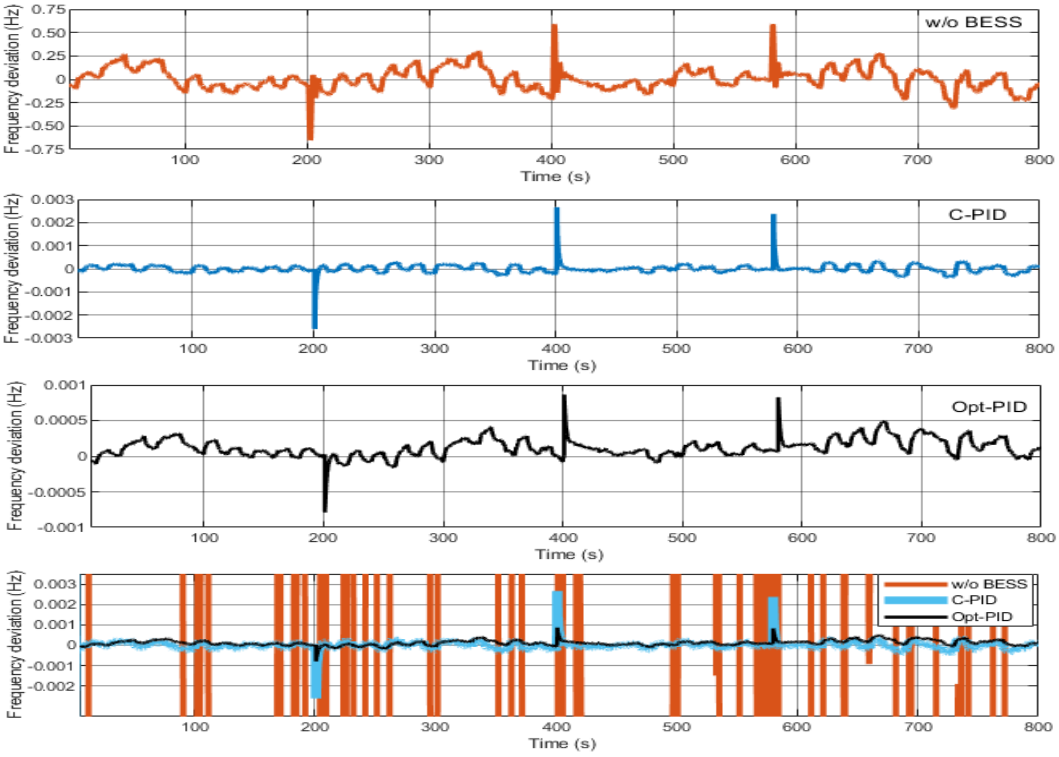
กรณีศึกษา 4: ในสภาวะที่มีแหล่งจ่ายเดียว ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังคลื่นทะเล

รูปที่ 7 แสดงผลการจำลอง กรณีศึกษา 1 ซึ่งจะเห็นว่า การหาค่าเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมภาพลวงตา ทำให้วิธีการนำเสนอ Opt-PID มีการเบี่ยงเบนของความถี่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ C-PID และ w/o-BESS แสดงให้เห็นว่า Opt-PID สามารถควบคุมความถี่ได้ดีกว่า C-PID และ w/o-BESS



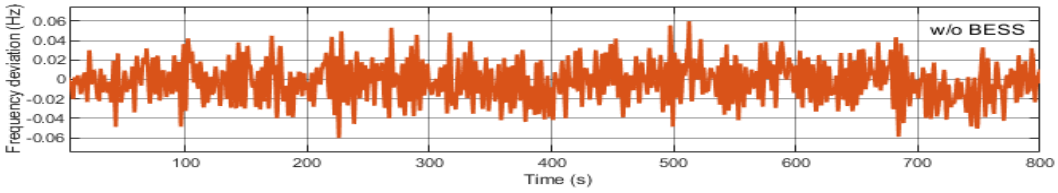


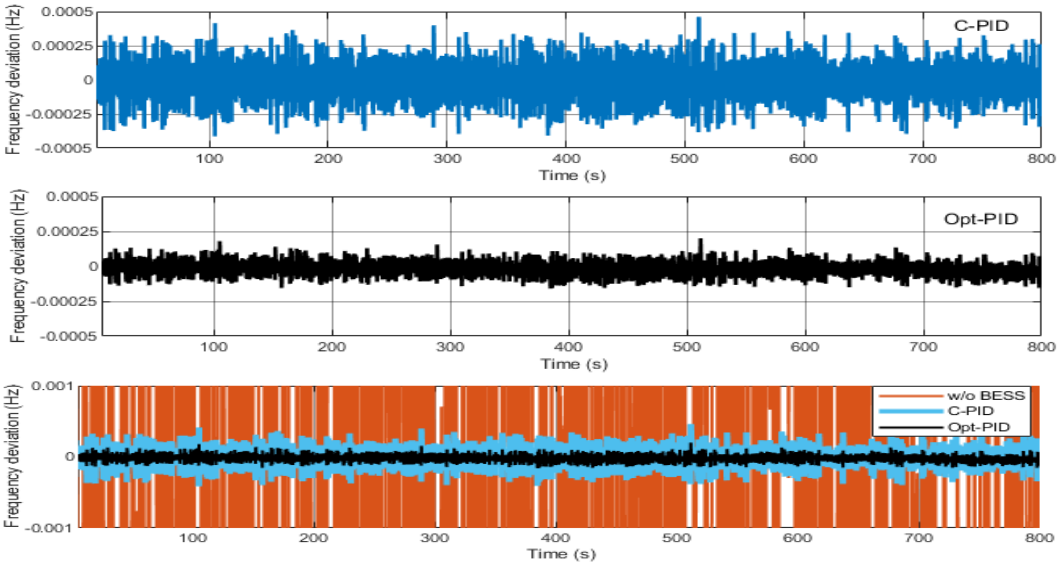
รูปที่ 7 การเบี่ยงเบนความถี่ในไมโครกริดบนเรือ กรณีศึกษา 1



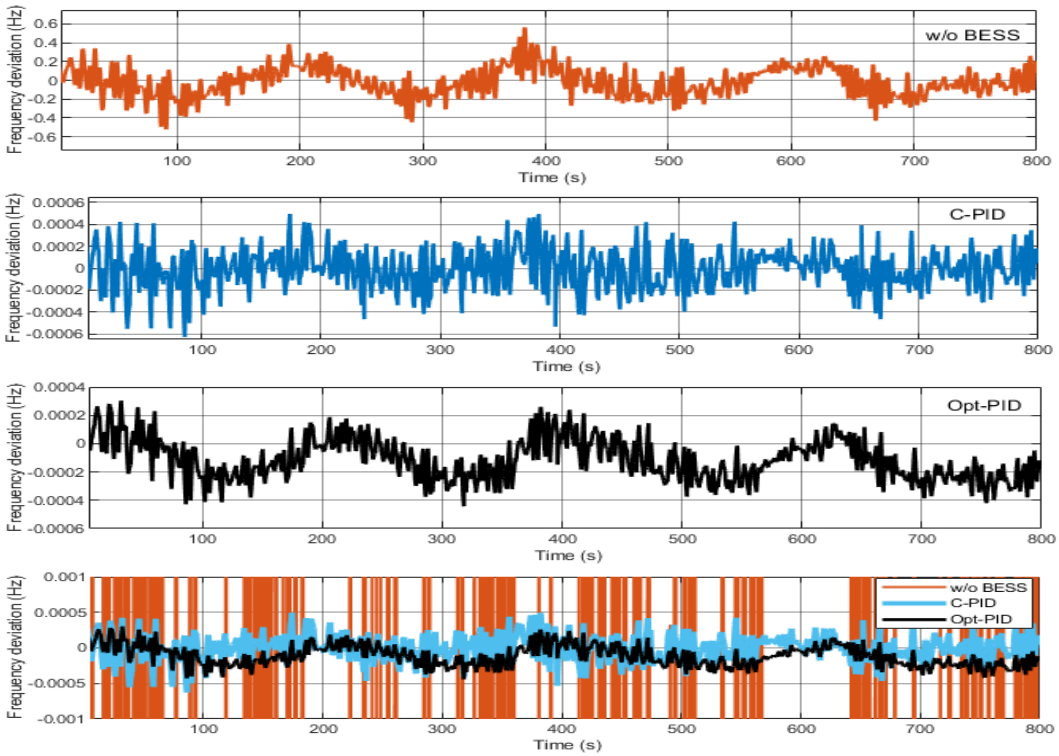
รูปที่ 8 การเบี่ยงเบนความถี่ในไมโครกริดบนเรือ กรณีศึกษา 2

รูปที่ 8 แสดงผลการจำลอง กรณีศึกษา 2 ซึ่งจะเห็นว่า การหาค่าเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมภาพลวงตา ทำให้วิธีการนำเสนอ Opt-PID มีการเบี่ยงเบนของความถี่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ C-PID และ w/o-BESS แสดงให้เห็นว่า Opt-PID สามารถควบคุมความถี่ได้ดีกว่า C-PID และ w/o-BESS





รูปที่ 9 การเบี่ยงเบนความถี่ในไมโครกริดบนเรือ กรณีศึกษา 3



รูปที่ 10 การเบี่ยงเบนความถี่ในไมโครกริดบนเรือ กรณีศึกษา 4

รูปที่ 9 แสดงผลการจำลอง กรณีศึกษา 3 ซึ่งจะเห็นว่า การหาค่าเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมภาพลวงตา ทำให้วิธีการนำเสนอ Opt-PID มีการเบี่ยงเบนของความถี่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ C-PID และ w/o-BESS แสดงให้เห็นว่า Opt-PID สามารถควบคุมความถี่ได้ดีกว่า C-PID และ w/o-BESS

รูปที่ 10 แสดงผลการจำลอง กรณีศึกษา 4 ซึ่งจะเห็นว่า การหาค่าเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมภาพลวงตา ทำให้วิธีการนำเสนอ Opt-PID มีการเบี่ยงเบนของความถี่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ C-PID และ w/o-BESS แสดงให้เห็นว่า Opt-PID สามารถควบคุมความถี่ได้ดีกว่า C-PID และ w/o-BESS

สรุปผลและอธิปรายผล

บทความนี้นำเสนอการควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือด้วยตัวควบคุมแบบสัดส่วน–ปริพันธ์–อนุพันธ์ เหมาะสมที่สุด (Optimal proportional–integral–derivative: Opt–PID) โดยตัวควบคุม Opt–PID ที่นำเสนอถูกใช้เพื่อควบคุมการประจุ/การคายประจุของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage systems: BESS) ซึ่ง Opt–PID หาค่าเหมาะที่สุดด้วยตัวหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (Mirage search optimization: MSO) ที่มีวัตถุประสงค์ของการหาค่าเหมาะสมที่สุดเพื่อควบคุมความถี่โหลดในไมโครกริดบนเรือ ผลการจำลองกับระบบไมโครกริดบนเรือที่ทำการศึกษา ภายใต้สภาวะการทำงานที่แตกต่างกัน 3 กรณี ได้แก่ (1) ในสภาวะที่มีแหล่งจ่ายทั้งหมด ได้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังแสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังคลื่นทะเล (2) ในสภาวะที่มีแหล่งจ่ายเดียว ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังแสงอาทิตย์ (3) ในสภาวะที่มีแหล่งจ่ายเดียว ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังลม และ (4) ในสภาวะที่มีแหล่งจ่ายเดียว ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังคลื่นทะเล ซึ่งผลการจำลองทั้ง 4 กรณีศึกษาแสดงให้เห็นว่า ตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะที่สุด (Opt–PID) ที่นำเสนอ สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ได้ดีกว่า การควบคุมด้วย PID ทั่วไป (Conventional PID: C–PID) ในทุกกรณีที่ทำการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] M.–H. Khooban, T. Dragicevic, F. Blaabjerg and M. Delimar, “Shipboard microgrids: a novel approach to load frequency control,” *IEEE Trans. Sustain. Ener.,* vol. 9, no. 2, pp. 843–852, 2018.

[2] B. Yildirim, M. Gheisarnejad and M. H. Khooban, “Delay–dependent stability analysis of modern shipboard microgrids,” *IEEE Trans. Circuits Syst. I: Regular Papers,* vol. 68, no. 4, pp. 1693–1705, April 2021.

[3] K.V. Vidyanandan and N. Senroy, “Frequency regulation in microgrid using wind–fuel cell–diesel generator,” *2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting,* San Diego, CA, USA, pp. 1–8, 2012.

[4] W. Wang, R. –K. Xie and L. Ding, “Stability analysis of load frequency control systems with electric vehicle considering time–varying delay,” *IEEE Access*, vol. 13, pp. 3562–3571, 2025.

[5] A. Sadegheih and A. Khosravi, “Mirage search optimization (MSO): a novel nature–inspired algorithm for solving optimization problems,” *Applied Soft Computing,* vol. 131, p. 109713, 2022.

[6] D. Deepak, S. P. Simon, and G. Mallesham, “Application of mirage Search optimization for controller tuning in power electronic systems,” *Proc. IEEE Int. Conf. Power Elect., Drives Ener. Syst. (PEDES),* Jaipur, India, Dec. 2024, pp. 1–6.

การเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนในไมโครกริดด้วยตัวควบคุม PID เหมาะสมที่สุด

Improvement of Virtual Inertia in Microgrids by Optimal PID Controller

ภัคธีมา อรุณกิจ[1] กมลลักษณ์ จุ้ยเสือ[1] จักรพันธ์ สุทำ[1] ชนัญชิดา ลำดวล[1] และ จงลักษณ์ พาหะซา[1*]

Pakteema Aroonkit[1], Kamonluk Chuisuea[1], Chakkapan Sutham[1], Chananchida Lumdol[1] and Jonglak Pahasa[1*]

บทคัดย่อ

การเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือน (Virtual inertia) ในไมโครกริดด้วยการใช้เทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage systems: BESS) เพื่อจำลองคุณสมบัติความเฉื่อยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบดั้งเดิม เข้าไปในไมโครกริดที่ใช้พลังงานหมุนเวียน ซึ่งไม่มีมวลหมุนจริง เพื่อช่วยลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่ (Rate of change of frequency: RoCoF) ทำให้ระบบมีเสถียรภาพต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดหรือแหล่งผลิตพลังงานมากยิ่งขึ้น บทความนี้นำเสนอการเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือน ในไมโครกริดด้วยตัวควบคุมแบบสัดส่วน–ปริพันธ์–อนุพันธ์ เหมาะสมที่สุด (Optimal proportional–integral–derivative: Opt–PID) โดยตัวควบคุม Opt–PID ที่นำเสนอถูกใช้เพื่อควบคุมการประจุ/การคายประจุของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ ซึ่ง Opt–PID หาค่าเหมาะที่สุดด้วยตัวหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนในไมโครกริด ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุม Opt–PID ที่นำเสนอ สามารถเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนในไมโครกริดได้ดีกว่า การควบคุมด้วย PID ทั่วไป

คำสำคัญ: ไมโครกริด, การควบคุมความถี่โหลด, ตัวควบคุมพีไอดี, การหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา

Abstract

Improvement of virtual inertia in a microgrid by battery energy storage systems (BESS) to emulate the inertial characteristics of traditional generators within renewable–energy–based microgrids that lack actual rotating mass. This helps reduce the rate of change of frequency (RoCoF), thereby enhancing system stability during variations in load or power generation. This paper proposes the improvement of virtual innertia in microgrids by proportional–integral–derivative (Opt–PID) controller. The proposed Opt–PID controller is applied to regulate the charging/discharging of BESS. The Opt–PID controller parameters are optimized using the Mirage search optimization algorithm, with the objective of enhancing virtual inertai emulation in microgrids. Simulation results demonstrate that the proposed Opt–PID) outperforms conventional PID controller by increasing virtual inertia emulation and improving system stability effectively.

Keywords: Microgrid, load frequency control, PID controller, battery energy storage system, mirage search optimization

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Electrical Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author : jonglak.pa@up.ac.th

บทนำ

ไมโครกริด คือ ระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กที่ระดับแรงดันไฟฟ้าปานกลาง ที่รวมแหล่งจ่ายพลังงานแบบกระจายตัว (Distributed generation: DG) ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage systems: BESS) และโหลด โดยแหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy sources: RES) เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ นิยมใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักของไมโครกริด [1–2] อย่างไรก็ตาม การพึ่งพาการเชื่อมต่อไมโครกริดด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังและลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องของแหล่งพลังงานหมุนเวียน โดยเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผลให้ไมโครกริดมีแรงเฉื่อยต่ำ (Low inertia) และความถี่ไม่มีเสถียรภาพ

การเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือน (Virtual inertia) ในไมโครกริดด้วยการใช้เทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่เพื่อจำลองคุณสมบัติความเฉื่อยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบดั้งเดิม เข้าไปในไมโครกริดที่ใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งไม่มีมวลหมุนจริงที่มีในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส เพื่อช่วยลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่ (Rate of change of frequency: RoCoF) ทำให้ระบบมีเสถียรภาพต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดหรือแหล่งผลิตพลังงานมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม การควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสามารถรักษาแรงเฉื่อยเสมือนและเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความถี่ไมโครกริดได้ [3] บทความนี้นำเสนอการเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือน ในไมโครกริดด้วยตัวควบคุมแบบสัดส่วน–ปริพันธ์–อนุพันธ์ เหมาะสมที่สุด (Optimal proportional–integral–derivative: Opt–PID) โดยตัวควบคุม Opt–PID ที่นำเสนอถูกใช้เพื่อควบคุมการประจุ/การคายประจุของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ ซึ่ง Opt–PID หาค่าเหมาะที่สุดด้วยตัวหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (Mirage search optimization: MSO) [4–5] ที่มีวัตถุประสงค์ของการหาค่าเหมาะสมที่สุดเพื่อเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนและลดการเบี่ยงเบนความถี่ในไมโครกริดแยกโดด ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุม Opt–PID ที่นำเสนอ สามารถเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนในไมโครกริดได้ดีกว่า การควบคุมด้วย PID ทั่วไป

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESSs) ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะสมที่สุด (Opt–PID) เพื่อเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนให้ไมโครกริดแยกโดด

2. เพื่อออกแบบตัวควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ด้วยตัวควบคุมพีไอดีเหมาะสมที่สุด เพื่อเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนให้ไมโครกริดแยกโดด

3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมพีไอดีเหมาะที่สุดที่นำเสนอและวิธีการควบคุมพีไอดีทั่วไป (C–PID) ในด้านประสิทธิภาพในการเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนให้ไมโครกริดแยกโดด

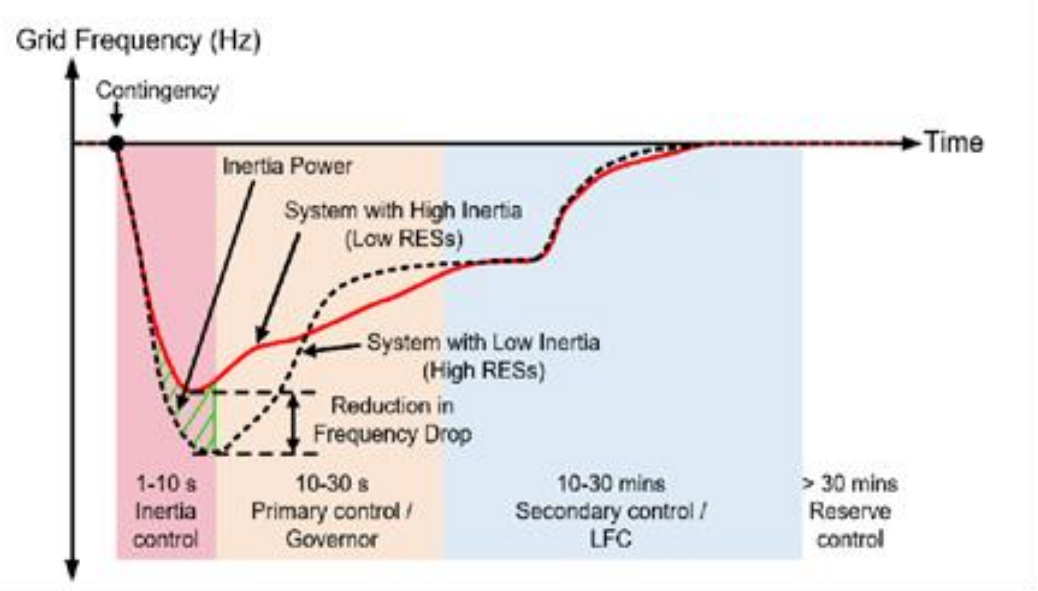
กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน (ถ้ามี)

1. แรงเฉื่อยเสมือนและการควบคุมความถี่ระบบไฟฟ้ากำลัง

รูปที่ 1 แสดงผลตอบสนองความถี่และอัตราการเบี่ยงเบนความถี่ (RoCoF) เมื่อเกิดการรบกวนในระบบไฟฟ้ากำลัง [2] โดยค่า RoCoF สามารถสังเกตได้จากค่าความชันของเส้นกราฟเมื่อเกิดการรบกวนทันที ประมาณ 1–10 s (Inertia control) ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 2 กรณี ตามปริมาณการติดตั้งแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนในระบบ ดังนี้

1) เส้นกราฟสีแดง: เมื่อมีการติดตั้งแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนน้อย (Low RESs) ซึ่งระบบมีแรงเฉื่อยเสมือนมาก (System with high inertia)

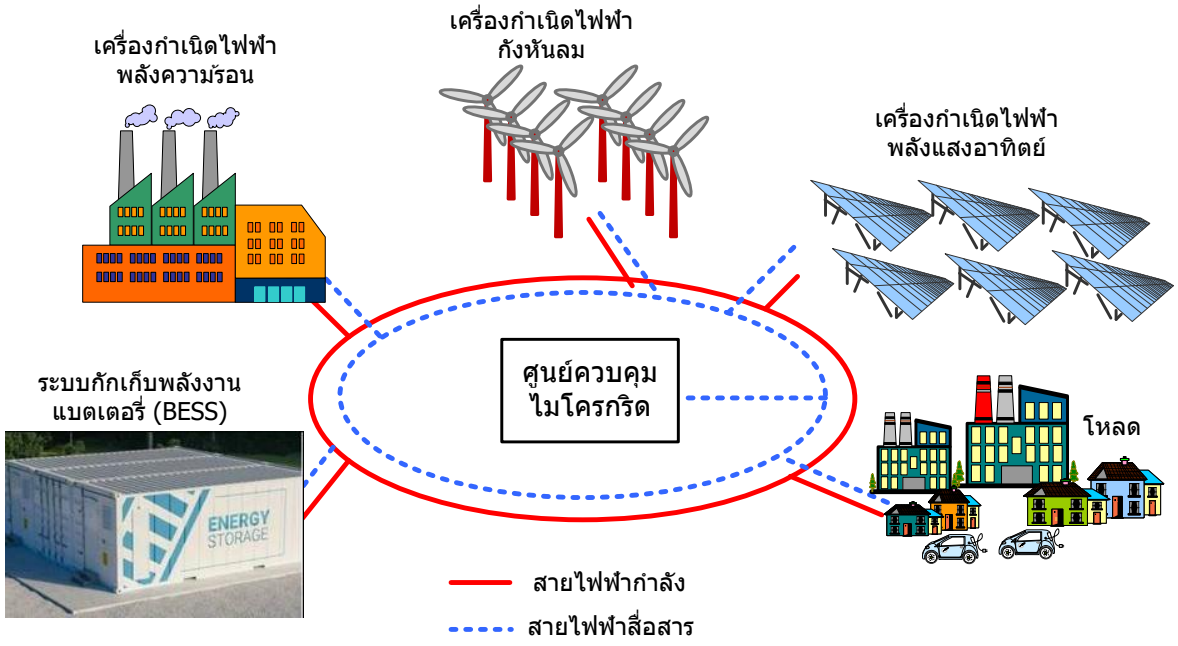
2) เส้นประสีดำ: เมื่อมีการติดตั้งแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนมาก (High RESs) ซึ่งระบบมีแรงเฉื่อยเสมือนน้อย (System with low inertia)



รูปที่ 1 ผลตอบสนองความถี่และอัตราการเบี่ยงเบนความถี่ (RoCoF) เมื่อเกิดการรบกวนในระบบไฟฟ้ากำลัง [2]

2. ไมโครกริด

ไมโครกริด คือระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กแบบแยกโดด (Islanded system) ที่ทำงานเหมือนโครงข่ายไฟฟ้าอิสระ เพื่อผลิตและจ่ายไฟฟ้าให้โหลดต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มั่นคง โดยอาจรวมแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์) แบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน และระบบควบคุมอัจฉริยะเข้าด้วยกัน ตัวอย่างไมโครกริดแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งระบบประกอบไปด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (Diesel generator: DS), เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม (Wind turbine generator: WTG), เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic generator: PVG), เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานคลื่นทะเล (Sea wave energy generator: SWEG), โหลดเปลี่ยนแปลงได้ (Varying load), ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) โดยศูนย์ควบคุมไมโครกริด (SMG control center) ทำหน้าที่ควบคุมไมโครกริด โดยเส้นทึบสีเทาแสดงถึงสายส่งไฟฟ้า (Power line) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังโหลด และเส้นประสีน้ำเงินแสดงถึงการส่งสัญญาณผ่านช่องทางการสื่อสาร (Communication line) เพื่อให้ศูนย์ควบคุมไมโครกริดสามารถควบคุมไมโครกริดได้



รูปที่ 2 ไมโครกริด

วิธีวิทยาการวิจัย

1. แบบจำลองเชิงเส้นของไมโครกริดที่มีระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองเชิงเส้นของไมโครกริดที่มีระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งระบบประกอบไปด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานคลื่นทะเล, โหลดเปลี่ยนแปลงได้, ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) โดยการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริด (Δf) ในรูปที่ 3 สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\Delta f = \frac{1}{2Hs + D}\Delta P \quad (1)$$

$$\Delta P = \Delta P_{THP} + \Delta P_{PVG} + \Delta P_{WTG} - \Delta P_{Load} - \Delta P_{BESS} \quad (2)$$

โดยที่ H คือ แรงเฉื่อยไมโครกริด

D คือ การหน่วง

P_{THP} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน

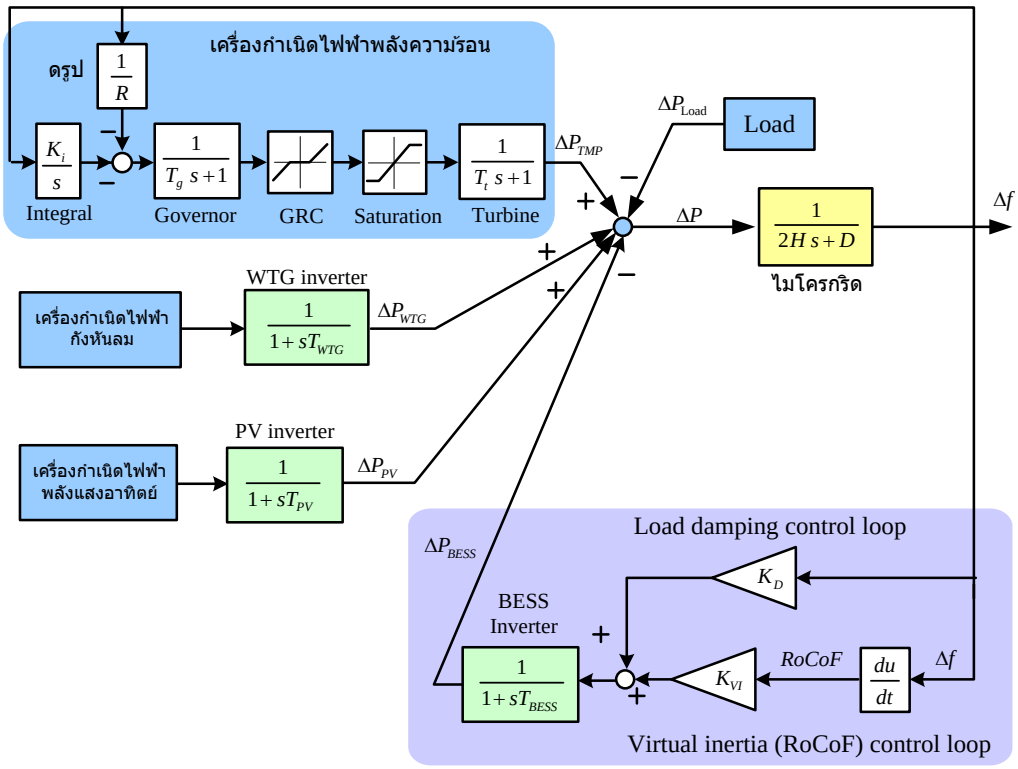
P_{Load} คือ กำลังไฟฟ้าของความต้องการโหลด

P_{BESS} คือ กำลังไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

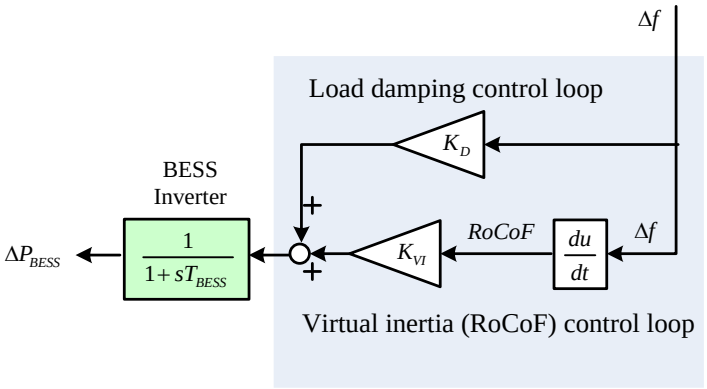
P_{PVG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์

P_{WTG} คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลม

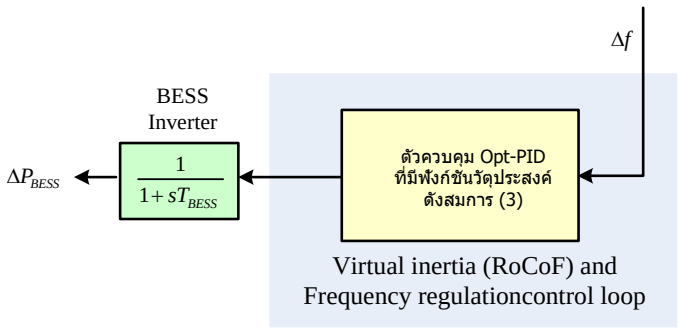
Δ คือ การเบี่ยงเบนของสัญญาณ



รูปที่ 3 แบบจำลองเชิงเส้นของไมโครกริดที่ใช้ในการศึกษา



(ก) วิธีการทั่วไปจะปรับค่า K_D และ K_{VI}



(ข) วิธีนำเสนอจะใช้ตัวควบคุม Opt-PID ที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังสมการ (3)

รูปที่ 4 วิธีดั้งเดิมและวิธีนำเสนอ

2. การหาพารามิเตอร์ PID ที่เหมาะสมด้วยอัลกอริทึมภาพลวงตา

งานวิจัยนี้จะใช้อัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (MSO) [4–5] ทำการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมที่สุด โดยวัตถุประสงค์ของการควบคุมคือ การหาค่าน้อยสุดของการเบี่ยงเบนความถี่ (Δf) และค่าน้อยสุดของการเบี่ยงเบนของอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ $(\Delta RoCoF)$ พร้อมทั้งรักษาการเบี่ยงเบนของอุณหภูมิห้องให้เปลี่ยนแปลงในช่วงที่ยอมรับได้ ปัญหาการหาค่าเหมาะสมสามารถตั้งสมการได้เป็น

$$\text{Minimize } J_1 = \int_{t_{init}}^{t_{final}} \left(w_1 |\Delta f(t)| + w_2 |\Delta RoCoF(t)| \right) dt \tag{3}$$

$$\text{Subject to} \quad K_P^{\min} \le K_P \le K_P^{\max}$$

$$K_I^{\min} \le K_I \le K_I^{\max}$$

$$K_D^{\min} \le K_D \le K_D^{\max}$$

เมื่อ w_1 และ w_2 คือ เวกเตอร์น้ำหนัก,

t คือเวลาในการจำลอง,

t_{init} และ t_{final} คือเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของการจำลอง ตามลำดับ

$K_P^{\min}$ และ $K_P^{\max}$ คือพารามิเตอร์ต่ำสุดและสูงสุดของการค้นหาของ K_P

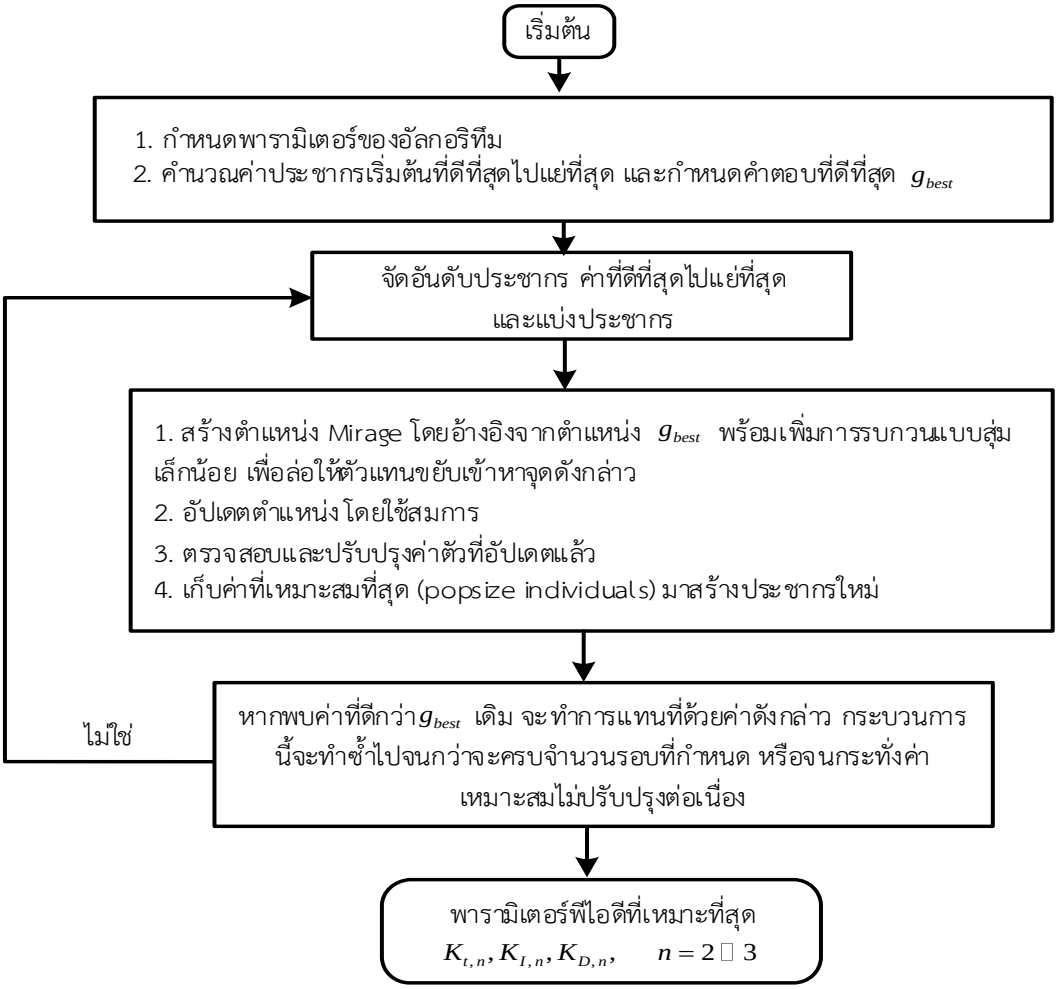
$K_I^{\min}$ และ $K_I^{\max}$ คือพารามิเตอร์ต่ำสุดและสูงสุดของการค้นหาของ K_I

$K_D^{\min}$ และ $K_D^{\max}$ คือพารามิเตอร์ต่ำสุดและสูงสุดของการค้นหาของ K_D

กระบวนการค้นหาค่าเหมาะสมกระทำภายใต้ข้อจำกัดของพารามิเตอร์ตัวควบคุม $K_P^{\min} \le K_P \le K_P^{\max}$, $K_I^{\min} \le K_I \le K_I^{\max}$, $K_D^{\min} \le K_D \le K_D^{\max}$ ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้กำหนดช่วงค่าที่เป็นไปได้ของพารามิเตอร์ เพื่อให้ได้ตัวควบคุมที่มีความเสถียรและสามารถใช้งานได้จริง

ดังนั้น ปัญหาการหาค่าเหมาะสมในงานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าเป็นการใช้ MSO เพื่อปรับจูนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นการลดการเบี่ยงเบนของความถี่ในไมโครกริด

รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (MSO) โดย ค่าอินพุต (Input) ประกอบด้วย จำนวนตัวแทนค้นหา (Search agents) = popsize , จำนวนรอบการทำซ้ำสูงสุด = T , มิติของตัวแปร = Dim และค่าเอาต์พุต (Output) ประกอบด้วย คำตอบที่ดีที่สุด X_{best} และค่าฟิตเนส f_{best}



รูปที่ 5 ขั้นตอนการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของอัลกอริทึมภาพลวงตา

ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาการควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนและการควบคุมความถี่โหลดของไมโครกริดด้วยระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ ตัวควบคุมที่ใช้เป็นตัวควบคุมพีไอดี ที่หาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมภาพลวงตาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีพีไอดีเหมาะที่สุด (Opt-PID) ที่นำเสนอ จะใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการจำลอง ระบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นระบบไมโครกริดดังแสดงในรูปที่ 2 โดย ข้อมูลไมโครกริด ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้ [2-3]

ค่าความถี่ฐาน (Based frequency) $f_{ref} = 50\,\text{Hz},$ ค่าความเฉื่อย (Inertia) $H = 0.06\,\text{s},$

ค่าความหน่วง (Damping) $D = 0.12\ \text{pu},$

ค่าคงตัวทางเวลาของตัวปรับความเร็ว (Governor time constant) $T_g = 0.1\text{s},$

ค่าคงตัวทางเวลาของกังหัน (Turbine time constant) $T_t = 0.4\ \text{s},$

ค่าดรูป (Droop) $R = 2.4\,\text{Hz}/\,\text{pu.MW},$ ค่าเกนของตัวอินทิกรัล (Integral gain) $K_i = 0.2\ \text{s}$

และข้อมูลระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้ [3-4]

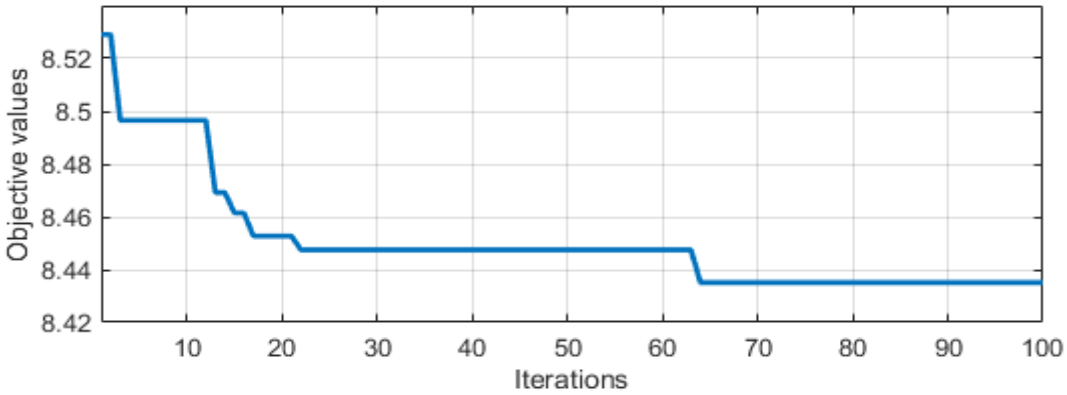
ขนาดกำลังไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ $P_{BESS} = 5\ \text{MW},$

ค่าคงตัวทางเวลาของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ $T_{BESS} = 1\,\text{s},$

ในการหาค่าเหมาะที่สุดของตัวควบคุมพีไอดีเหมาะสมที่สุด (Opt-PID) สำหรับควบคุมระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ พารามิเตอร์การค้นหาสำหรับอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา คือ ขนาดประชากร (Population size) = 12, จำนวนรอบการทำซ้ำสูงสุด (T) = 100

เส้นโค้งการลู่เข้า (Convergence curve) ของอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตาแสดงดังรูปที่ 6 และค่าพารามิเตอร์พีไอดีเหมาะที่สุดที่หาได้คือ

Opt-PID $K_P = 98.9113, K_I = 50.35, K_D = 12.53$



รูปที่ 6 เส้นโค้งการลู่เข้า (Convergence curve) ของอัลกอริทึมภาพลวงตาอัลกอริทึมภาพลวงตา

โดยวิธี Opt-PID ที่นำเสนอจะเปรียบเทียบกับ อีก 3 วิธีคือ w/o-BESS, C-PID, และ $K_D K_{VI}$ [2] โดยวิธี w/o-BESS คือ ระบบไมโครกริดที่ไม่ใช้ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) ในการควบคุมความถี่ไมโครกริด C-PID คือ การใช้ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่เพื่อช่วยเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนและลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริดดังรูปที่ 4 (ข) แต่ควบคุมด้วยตัวควบคุม PID ทั่วไป ที่ออกแบบโดยใช้ฟังก์ชัน “Tune” ในโปรแกรม MATLAB/Simulink

$K_D K_{VI}$ [2] คือ การใช้ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่เพื่อช่วยเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนและลดการเบี่ยงเบนความถี่ไมโครกริดดังรูปที่ 4 (ก) ดังได้มีการนำเสนอในเอกสารอ้างอิง [2]

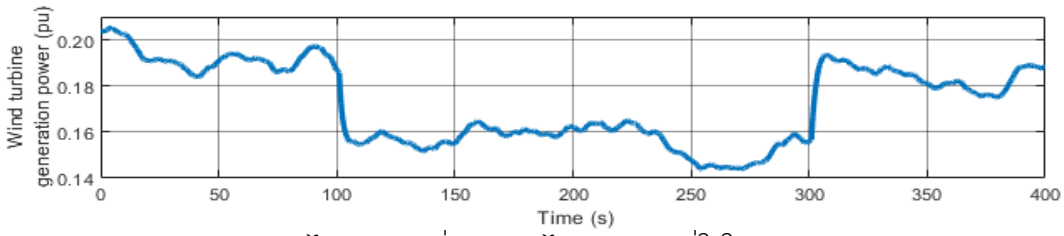
รูปที่ 7 แสดงโหลดแบบสุ่มที่ใช้ในการศึกษา ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษา และกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมที่ใช้ในการศึกษา โดยในการจำลองจะสมมติให้ (ดูรูปที่ 7 (ก) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมที่ใช้ในการศึกษา)

(1) ทำการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมที่เวลา 100 s ขนาด 0.05 pu ในกรณีนี้แหล่งจ่ายลดลง ดังนั้นความถี่ หรือ RoCoF อยู่ด้านลบ

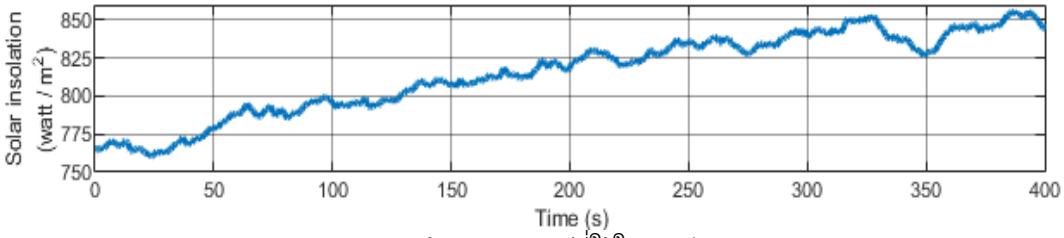
(2) ทำการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมที่เวลา 300 s ขนาด 0.05 pu ในกรณีนี้แหล่งจ่ายเพิ่มขึ้นดังนั้นความถี่ หรือ RoCoF อยู่ด้านบวก

ผลการจำลองของวิธีนำเสนอ Opt-PID เปรียบเทียบกับ w/o-BESS, และ C-PID แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งประกอบด้วย การเบี่ยงเบนความถี่ อัตราการเบี่ยงเบนของความถี่ (RoCoF) และกำลังไฟฟ้าจากระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

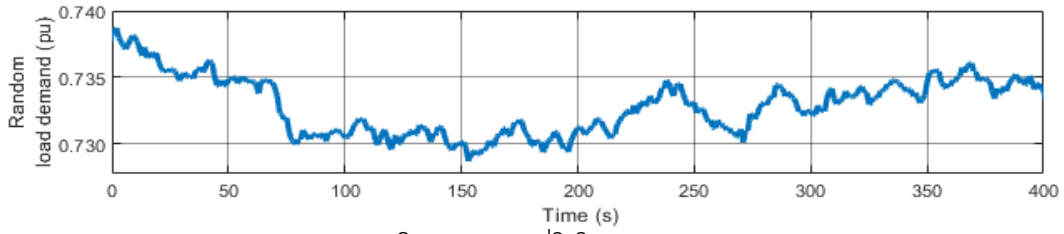
ผลการจำลองเปรียบเทียบระหว่าง w/o-BESS, C-PID และ Opt-PID แสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งจะเห็นว่าวิธีนำเสนอ Opt-PID สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ และ ลดอัตราการเบี่ยงเบนของความถี่ (RoCoF) ของระบบได้ดีกว่า w/o-BESS และ C-PID ทั้งนี้ วิธี C-PID ก็ให้ผลการจำลองที่ดีกว่า w/o-BESS



(ก) กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังลมที่ใช้ในการศึกษา

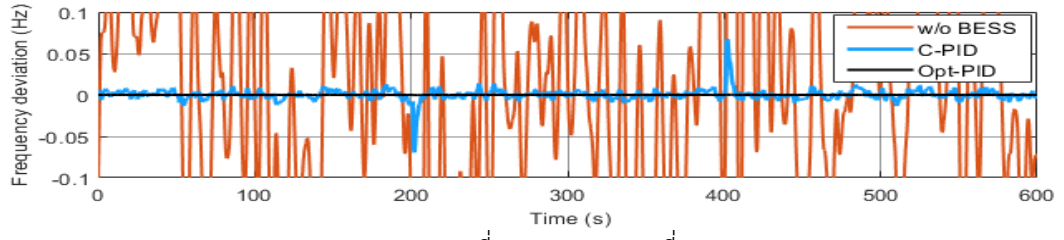


(ข) ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษา

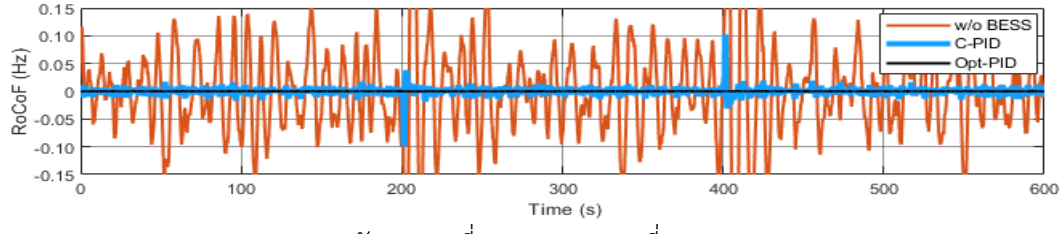


(ค) โหลดแบบสุ่มที่ใช้ในการศึกษา

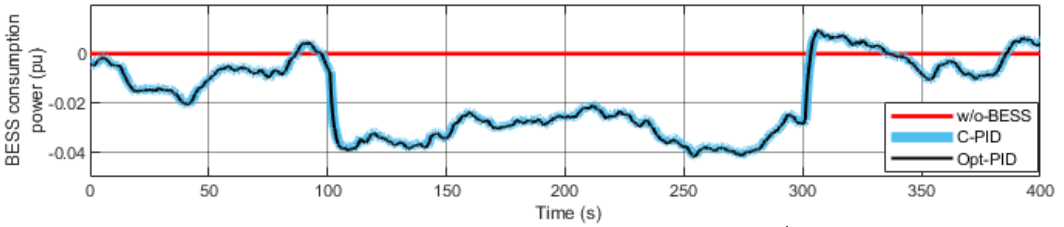
รูปที่ 7 กรณีศึกษา



(ก) การเบี่ยงเบนของความถี่

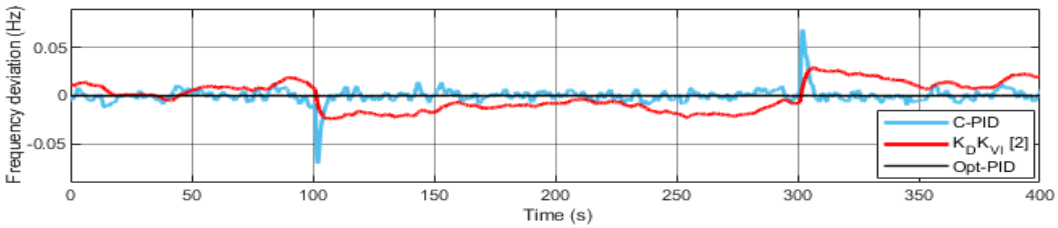


(ข) อัตราการเบี่ยงเบนของความถี่ (RoCoF)

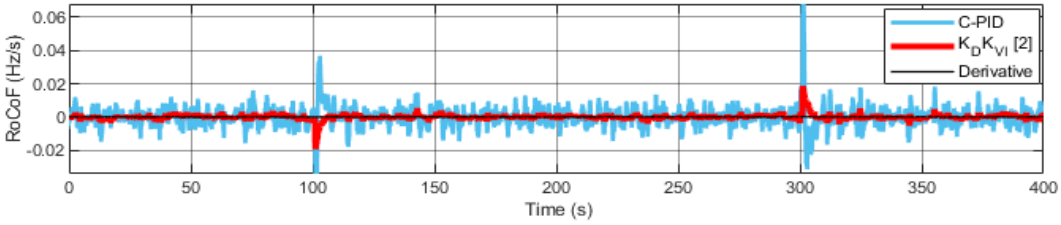


(ค) กำลังไฟฟ้าจากระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

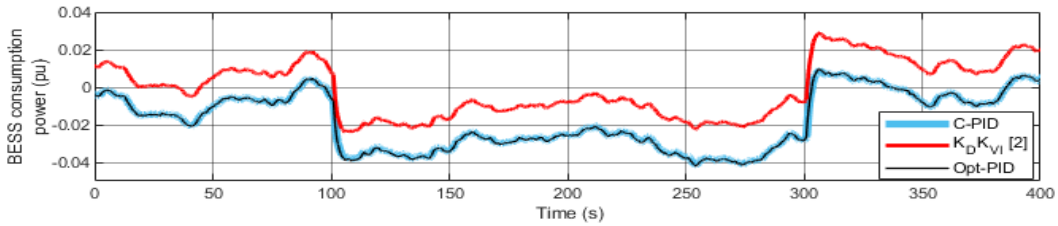
รูปที่ 8 ผลการจำลองเปรียบเทียบระหว่าง w/o-BESS, C-PID และ Opt-PID



(ก) การเบี่ยงเบนของความถี่



(ข) อัตราการเบี่ยงเบนของความถี่ (RoCoF)



(ค) กำลังไฟฟ้าจากระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

รูปที่ 9 ผลการจำลองเปรียบเทียบระหว่าง C-PID, และ Opt-PID

ผลการจำลองเปรียบเทียบระหว่าง C-PID, K_DK_{VI} [2] และ Opt-PID แสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งจะเห็นว่าวิธีนำเสนอ Opt-PID สามารถลดการเบี่ยงเบนของความถี่ และ ลดอัตราการเบี่ยงเบนของความถี่ (RoCoF) ของระบบได้ดีกว่า C-PID และ K_DK_{VI} [2] ทั้งนี้ วิธี K_DK_{VI} [2] ก็ให้ผลการจำลองที่ดีกว่า C-PID

จากผลการจำลองในรูปที่ 8 และรูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าวิธีนำเสนอ Opt-PID ให้ผลการจำลองดีกว่าวิธีที่นำมาเปรียบเทียบทั้งสามวิธีอย่างชัดเจน

สรุปผลและอธิปรายผล

งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาการควบคุมแรงเฉื่อยเสมือนโดยการลดอัตราการเบี่ยงเบนของความถี่ (rate of change of frequency: RoCoF) และการควบคุมความถี่โหลดของไมโครกริดด้วยระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (Battery energy storage systems: BESS) ตัวควบคุมที่ใช้เป็นตัวควบคุมพีไอดีที่หาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะที่สุดภาพลวงตา (MSO) ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ สามารถเพิ่มแรงเฉื่อยเสมือนและลดการแกว่งของความถี่ของไมโครกริดได้อย่างดี จากผลการจำลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าวิธีนำเสนอให้ผลการจำลองดีกว่าวิธีที่นำมาเปรียบเทียบอย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Fang, H. Li, Y. Tang and F. Blaabjerg, "On the inertia of future more-electronics power systems," *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Pow. Electron.*, vol. 7, no. 4, pp. 2130-2146, 2019.

[2] T. Kerdphol, et. al, "Enhanced virtual inertia control based on derivative technique to emulate simultaneous inertia and damping properties for microgrid frequency regulation," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 14422-14433, 2019.

[3] T. Liu, Y. Dai, Q. Peng, X. Zeng, G. Chen and J. Meng, "Inertia emulation-oriented evaluation method of sustaining power boundary for lithium-ion battery energy storage system," *IEEE Trans. Ener. Conv.*, vol. 39, no. 4, pp. 2362-2376, Dec. 2024

[4] A. Sadegheih and A. Khosravi, "Mirage search optimization (MSO): a novel nature-inspired algorithm for solving optimization problems," *Applied Soft Computing,* vol. 131, p. 109713, 2022.

[5] D. Deepak, S. P. Simon, and G. Mallesham, "Application of mirage Search optimization for controller tuning in power electronic systems," *Proc. IEEE Int. Conf. Power Elect., Drives Ener. Syst. (PEDES),* Jaipur, India, Dec. 2024, pp. 1-6

การทดสอบคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบแบบไม่ทำลาย

Non–destructive testing of concrete incorporating basalt rock as coarse aggregate

ณัฐพล อักโข[1*] ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง[1*] เอกรัฐ เศวตวรชิต[1] และ บัณฑิต สำเนียงเพราะ[1]
Natthaphon Akkho[1*], Narongchai Wiwattanachang[1*], Ekkarat Sawetworachit[1] and
Bundit Sumniangpho[1]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการนำวัสดุมวลรวมหยาบระหว่างหินปูนและหินบะซอลต์ในขนาดที่แตกต่างกัน งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประเมินสมบัติคอนกรีตส่วนใหญ่มุ่งเน้นคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบชนิดหินปูน และมีการศึกษาผลของชนิดและขนาดมวลรวมค่อนข้างจำกัด อัตราส่วนที่ใช้ในการศึกษาวัสดุมวลรวมหยาบ เป็นหิน 2 ชนิด คือหินปูน และหินบะซอลต์ ต่างกัน 3 ขนาดคือ 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว เพื่อศึกษาและทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non–Destructive Testing methods; NDT) ประกอบด้วย การทดสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีตด้วยวิธีวัดค่าคลื่นอัลตราโซนิค (Ultrasonic Pulse Velocity Test In Concrete) ตามมาตรฐาน ASTM C597 Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเฉพาะจุดของคอนกรีต (Electrical Resistivity of Concrete Testing) ตามมาตรฐาน ASTM C1876 Standard Test Method for Bulk Electrical Resistivity or Bulk Conductivity of Concrete และวิธี Schmidt Hammer Test ตามมาตรฐาน ASTM C805 ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7, 14, 28, และ 56 วัน

ผลการศึกษาพบว่า คอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบมีแนวโน้มให้ค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิค ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และค่าการสะท้อนจากการทดสอบ Schmidt Hammer สูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนในทุกช่วงอายุการบ่ม โดยเฉพาะคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 3/4 นิ้ว ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างเนื้อคอนกรีตที่มีความหนาแน่นและคุณภาพที่ดีกว่า นอกจากนี้ผลการทดสอบแบบไม่ทำลายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับกำลังอัดของคอนกรีตอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายสามารถนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพและสมบัติของคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: หินบะซอลต์, คลื่นอัลตราโซนิก, ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

[1] Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi 72130

[*] Corresponding author: kacchanabenz27@gmail.aom

Abstract

This research aims to study the effect of mixing coarse aggregates between limestone and basalt in different sizes. Previous research on concrete property evaluation has mostly focused on concrete using limestone coarse aggregate, and studies on the effects of aggregate type and size have been relatively limited The coarse aggregates used in the study were two types of rocks, limestone and basalt, with three different sizes: 3/4 inch, 1/2 inch, and 3/8 inch. The coarse aggregates were studied and tested by non-destructive testing methods (NDT), consisting of Ultrasonic Pulse Velocity Test In Concrete according to ASTM C597 Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, Electrical Resistivity of Concrete Testing according to ASTM C1876 Standard Test Method for Bulk Electrical Resistivity or Bulk Conductivity of Concrete, and Schmidt Hammer Test according to ASTM C805 at curing ages of 1, 3, 7, 14, 28, and 56 days

The study found that concrete using basalt as coarse aggregate tended to exhibit higher ultrasonic velocity, specific electrical resistivity, and Schmidt Hammer reflectance values than concrete using limestone at all curing ages, especially concrete using 3/4-inch coarse aggregate. This indicates a denser and higher-quality concrete structure. Furthermore, non-destructive testing showed a significant positive correlation with the compressive strength of theconcrete, demonstrating that non-destructive testing methods are suitable for evaluating the quality and properties of concrete using basalt as coarse aggregate

Keywords: Basalt, Ultrasonic Pulse Velocity, Electrical Resistivity

บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างทุกประเภท เนื่องจากมีความแข็งแรงและทนทาน โดยส่วนประกอบสำคัญของคอนกรีตได้แก่ ปูนซีเมนต์ น้ำ มวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบ ซึ่งมวลรวมหยาบมีบทบาทสำคัญต่อคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของคอนกรีต ประเทศไทยเป็นแหล่งหินและทรายที่อุดมสมบูรณ์กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศที่สำคัญ ได้แก่จังหวัดระยอง กาญจนบุรี นครสวรรค์ สุโขทัย นครราชสีมา บุรีรัมย์ ขอนแก่น เลย สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และยะลา ในปัจจุบันความต้องการใช้คอนกรีตมีเพิ่มมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นในงานโครงสร้างงานถนนหรือผลิตภัณฑ์คอนกรีตในรูปแบบต่างๆดังนั้นความต้องการวัสดุผสมที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตจึงมีมากตามไปด้วยโดยปกติในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีมวลรวมอยู่ประมาณร้อยละ 70 – 80 ของปริมาตรทั้งหมดส่วนที่เหลือจะเป็นซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) อากาศและสารผสมเพิ่ม (สุรศักดิ์ราษี,2008) คุณสมบัติของมวลรวมจึงมีผลกระทบอย่างมากต่อสมรรถนะของคอนกรีต ดังนั้นการพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงจึงมักมุ่งเน้นการปรับปรุงสัดส่วนผสม ขนาดคละ และคุณสมบัติของมวลรวมในคอนกรีต เพื่อที่จะคาดการณ์พฤติกรรมของคอนกรีตภายใต้แรงกระทำนั้นจะต้องใช้ความ เข้าใจในผลกระทบของประเภทมวลรวม ขนาดของมวลรวม และปริมาตรของมวลรวม ซึ่งคุณสมบัติ ของมวลรวมหยาบที่สูงขึ้นจะส่งผลให้กำลังของคอนกรีตและโมดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้นตามไปด้วย (ณรงค์ชัย ปักษา,2022) หินบะซอลต์ เป็นหินอัคนีผุ เนื้อละเอียด ส่วนมากมีสีเทาถึงดำ น้ำตาลแกมแดง ม่วงปนดำ เกิดจากหินหนืดขึ้นมาเย็นตัวบนพื้นโลกโดยอาศัยรอยแตกของเปลือกโลกหรือปล่องภูเขาไฟ (ดนุพล ตันนโยภาส, 2010)

สำหรับชนิดของหินบะซอลต์ที่ใช้ในงานก่อสร้าง คือ ชนิดปนโทลิไอต์หรือหินไดอะเบส (diabase) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก แคลไซต์ และแมกนีไซต์ (ประชุม คำพุฒ,2012) อย่างไรก็ตามในการก่อสร้างใน ปัจจุบันก็ยังคงพบปัญหาในหลายๆ ด้านทั้งในด้านคุณสมบัติทางกล ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นกับคอนกรีตนั้นคือ การบ่มคอนกรีตที่ไม่ดีเพียงพอเป็นผล ต่อการพัฒนากำลังอัดที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการรับแรง และอายุการใช้งานลดลง แม้ว่าจะมีข้อกำหนดด้านการบ่มแล้ว แต่ในการก่อสร้างจริงพบว่า การบ่มคอนกรีต ยังคงไม่เป็นไปตามนั้น ทั้งนี้ปัญหาส่วนหนึ่งเกิดจากสภาพอากาศของประเทศไทยซึ่งเป็นเมืองร้อน จึงทำให้การสูญเสียน้ำจากคอนกรีตสูง ด้วยเหตุผล เหล่านี้งานวิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของการบ่มต่อกำลังรับแรงอัด คอนกรีต (ธีรติ ศรีจันทร์,2011)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและความแข็งแรงของคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบ วิเคราะห์ผลกระทบของการบ่มที่อุณหภูมิปกติต่อสมบัติของคอนกรีต และประเมินประสิทธิภาพของวิธีทดสอบแบบไม่ทำลายในตรวจสอบคุณภาพคอนกรีตกำลังสูงที่ใช้หินบะซอลต์

ขอบเขตงานวิจัย ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีต การบ่มคอนกรีตอุณหภูมิปกติ ตามเงื่อนไขที่กำหนด การทดสอบแบบไม่ทำลาย ได้แก่ Ultrasonic Pulse Velocity ASTM C597(ASTM International 2016), Electrical Resistivity Testing ASTM C1760(ASTM International 2021), และ Schmidt Hammer Test ASTM(ASTM International 1948) การเปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C39 (ASTM International 2020) ใช้ปูนซีเมตน์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มวลรวมละเอียด ตามมาตรฐาน ASTM C33 (ASTM International 2018) ไม่เกิน 4.75 มิลลิเมตร ควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.45 แทนที่มวลรวมหยาบด้วยหินบะซอลต์และหิน ปูนขนาด 1/2 นิ้ว 3/4 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว ขนาดตัวอย่างทดสอบคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 เซนติเมตร และแบบตัวอย่างท่อกลม PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร การบ่มตัวอย่างคอนกรีต แช่น้ำในอุณหภูมิห้องปกติ อายุบ่ม 1, 3, 7, 14, 28 และ 56วัน ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน จำนวน 3 ก้อนตัวอย่าง ต่อ 1 อัตราส่วนผสม

งานวิจัยนี้ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของคอนกรีตกำลังสูงที่ใช้หินบะซอลต์และหินปูนเป็นมวลรวมหยาบ ได้เปรียบเทียบผลกระทบของ ชนิดมวลรวมหยาบ (หินปูน และหินบะซอลต์) และ ขนาดมวลรวมหยาบ (3/4", 1/2", 3/8") ต่อกำลังอัดและสมบัติทางวิศวกรรมของคอนกรีต ได้ฐานข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตกับผลการทดสอบแบบไม่ทำลาย (UPV, Electrical Resistivity, Schmidt Hammer) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประเมินคุณภาพคอนกรีตในโครงสร้างจริง ช่วยลดต้นทุนและความเสียหายจากการทดสอบโดยวิธีทำลาย เนื่องจากสามารถใช้ NDT ในการประเมินคุณภาพคอนกรีตได้อย่างแม่นยำ สนับสนุนการใช้วัสดุท้องถิ่น (หินบะซอลต์) แทนวัสดุทั่วไป (หินปูน) ในงานก่อสร้างคอนกรีตกำลังสูงอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีต ที่ใช้หินปูนและหินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบ โดยเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ใช้หินปูนและหินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตและค่าที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non–Destructive Testing: NDT) ได้แก่ การทดสอบคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic Pulse Velocity: UPV) การทดสอบค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) และการทดสอบค้อนสะท้อนกลับ (Schmidt Hammer)

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน มอก.15 หรือมาตรฐาน ASTM C150 (ASTM International 2020)

1.2 มวลรวมละเอียดเป็นทรายแม่น้ำที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C33

1.3 มวลรวมหยาบที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ หินปูน (Calcium Carbonate) และหินบะซอลต์ (Basalt) โดยแต่ละประเภทแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 3/4 นิ้ว 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว รวมทั้งสิ้น 6 สูตรผสม จากแหล่งโรงโม่ กิตติวดีศิลาพาณิชย์ อ.น้ำยืน จ.อุบลราชธานี ตามมาตรฐาน ASTM C33

1.4 น้ำสะอาดที่ใช้เป็นน้ำประปาสะอาดตามมาตรฐาน ASTM C1602 (ASTM International 2022)

2. อัตราส่วนผสมคอนกรีต การออกแบบสัดส่วนของคอนกรีต ในการศึกษาครั้งนี้สำหรับคอนกรีต กำหนดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปนะเภทที่ 1 ปริมาณกำหนดที่ 550 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มวลรวมละเอียด ปริมาณกำหนดที่ 720 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มวลรวมหยาบใช้เป็นหิน 2 ชนิด คือหินปูน และหินบะซอลต์ ต่างกัน 3 ขนาด คือ ขนาด 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว ปริมาณที่กำหนด 815 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์กำหนดคงที่ ที่ร้อยละ 0.45

การออกแบบการทดลองกำหนดให้ ตัวแปรต้น คือ ชนิดของมวลรวมหยาบ (หินปูนและหินบะซอลต์) และขนาดมวลรวมหยาบ (3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว) ส่วน ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่ากำลังอัดคอนกรีต และค่าที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลายทั้งสามวิธี ได้แก่ Ultrasonic Pulse Velocity (ASTM C597), Electrical Resistivity Testing (ASTM C1760) และ Schmidt Hammer Test (ASTM C805) ตัวอย่างคอนกรีตทั้งหมดถูกผสมตามสัดส่วนในตาราง เทลงแบบหล่อขนาด 15 × 15 × 15 เซนติเมตร และแบบหล่อท่อกลม PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C192 และทำการบ่มในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิสูง โดยแบ่งการทดสอบตามอายุคอนกรีตที่ 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน ตามลำดับ ดัง Table 1

ตารางที่ 1 Concrete Mix Proportion

Mix Code	Aggregate Size (inch)	Cement (kg)	Fine Aggregate (kg)	Coarse Aggregate (kg)	Water (kg)	W/C
1 (CC01)	3/4	550	720	815	248	0.45
2 (CC02)	1/2	550	720	815	248	0.45l
3 (CC03)	3/8	550	720	815	248	0.45l
4 (BS01)	3/4	550	720	815	248	0.45l
5 (BS02)	1/2	550	720	815	248	0.45
6 (BS03)	3/8	550	720	815	248	0.45

หมายเหตุ : CC แทนตัวอย่าง หินปูน

BS แทนตัวอย่าง หินบะซอลต์

: ขนาดมวลรวมหยาบ 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว

: บ่มที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน

: บ่มที่อุณหภูมิห้องปกติ

: แท่งตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 ซม.จำนวน 3 ตัวอย่าง ต่อ 1 อัตราส่วน

: แท่งตัวอย่างท่อกลม PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร

3. การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ

3.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูมซึมน้ำของวัสดุ Aggregate ชนิดเม็ดละเอียด ตามมาตรฐาน ASTM C128 (ASTM Internationnal 2015)

3.2 การทดสอบการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง “Los Angeles Abrasion” ตามมาตรฐาน ASTM C131

3.3 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูมซึมน้ำของวัสดุ Aggregate ชนิดเม็ดหยาบ ตามมาตรฐาน [15] ASTM C127 (ASTM Internationnal 2015)

4. การทดสอบคุณสมบัติคอนกรีต แบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing ; NDT)

การทดสอบคอนกรีตแบบไม่ทำลาย คือวิธีการตรวจสอบคุรสมบัติของคอนกรีตโดยไม่ทำให้โครงสร้างเสียหายหรือทำลายชิ้นงาน ซึ่งทำให้สามารถประเมินความแข็งแรง ความทนทาน และสภาพของคอนกรีตได้ในสภาพจริง โดยไม่ต้องเจาะหรือตัดตัวอย่าง

4.1 Ultrasonic Pulse Velocity (ASTM C597) เป็นการตรวจสอบคุณภาพคอนกรีต ความสมบูรณ์ ด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Pulse) โดยไม่ทำลายโครงสร้าง วิธีการนี้เป็นการตรวจสอบคุณภาพคอนกรีต ความสมบูรณ์ (Uniformity of Concrete) คลื่นดลอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Pulse) โดยไม่ทำลายโครงสร้างเดิมซึ่งความเร็วของคลื่นดลอัลตร้าโซนิคในตัวกลางคอนกรีตขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีต ถ้าคอนกรีตมีคุณภาพดีคลื่นจะสามารถ เดินทางผ่านคอนกรีตได้เร็ว ดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Ultrasonic Pulse Velocity Testing

4.2 Electrical Resistivity Testing (ASTM C1876) เป็นวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายเพื่อ ประเมินค่าความต้านทานไฟฟ้าของคอนกรีตที่แข็งตัว การทดสอบค่าความต้านทานไฟฟ้าของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C1760 เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-destructive testing) เพื่อประเมินค่าการนำไฟฟ้าของคอนกรีตที่แข็งตัว โดยวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านชิ้นคอนกรีตอิ่มตัว สามารถใช้ประเมินคุณภาพและความทนทานของคอนกรีต ดินซีเมนต์ (Wiwattanachang et.al 2023, Wiwattanachang et.al 2025) ดัง ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Electrical Resistivity Testing

4.3 Schmidt Hammer Test (ASTM C805) การทดสอบเพื่อประเมินความแข็งแรงของคอนกรีตโดยไม่ทำลาย (Non–Destructive Test – NDT) โดยอาศัยหลักการของค้อนกระแทก (Rebound Hammer) ที่จะวัด ค่าดัชนีการสะท้อนกลับ (Rebound Number) จากการกระแทกของมวลภายในค้อนกับผิวหน้าคอนกรีต ค่า Rebound Number นี้จะถูกนำไปเทียบกับกราฟเพื่อหาค่ากำลังอัดโดยประมาณของคอนกรีต ดัง ภาพที่ 3



ภาพที่ 3 Schmidt Hammer Testing

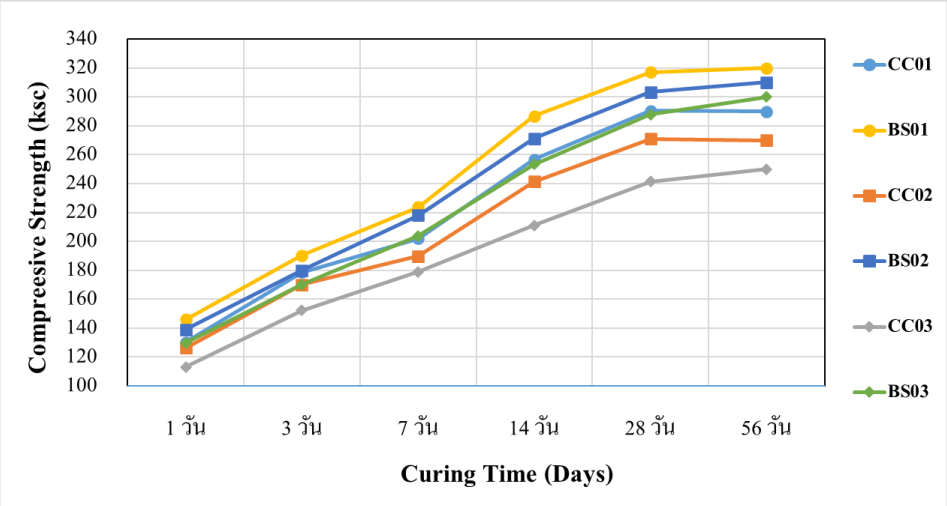
4.4 Compressive strength (ASTM C39) ทดสอบกำลังอัดบนตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 cm. เพื่อเชื่อมโยงกับค่าทดสอบแบบไม่ทำลาย

5. การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

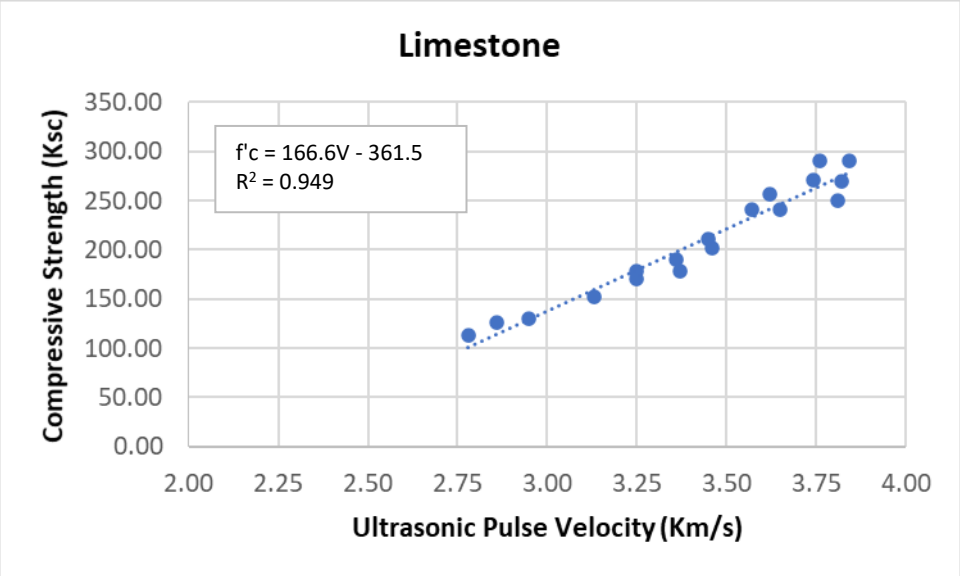
หลังจากดำเนินการทดสอบค่าต่างๆ ได้แก่ ความเร็วคลื่นอัลตราโซนิก (UPV), ค่าแรงสะท้อนจาก Schmidt Hammer, ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) และกำลังอัด (Compressive Strength) ของตัวอย่างคอนกรีตในช่วงอายุต่างๆแล้ว ได้มีการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์แนวโน้มการพัฒนาโครงสร้างภายในคอนกรีตและเพื่อระบุความแตกต่างระหว่างสูตรที่ใช้หินปูนและหินบะซอลต์

ผลการศึกษา

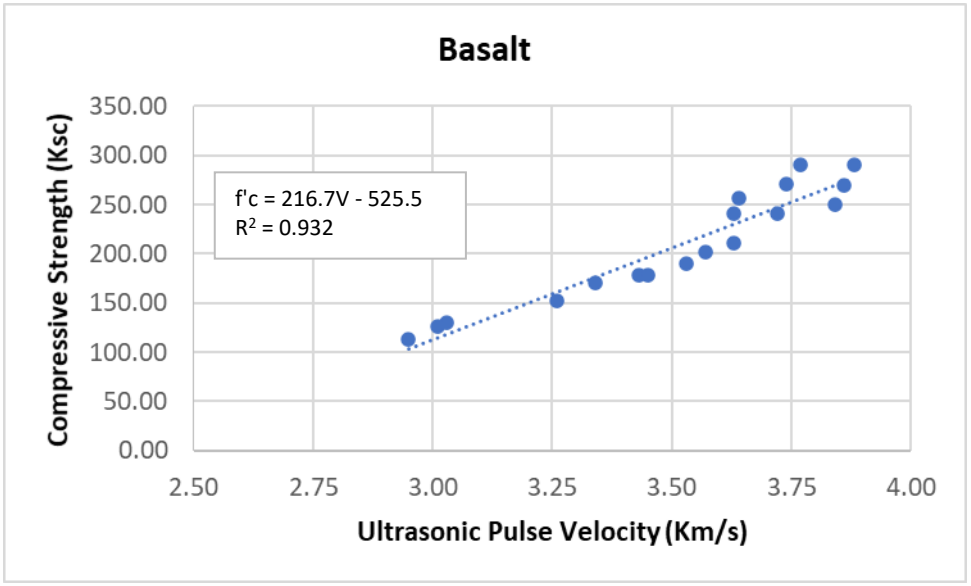
งานวิจัยนี้นำเสนอผลการทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) ประกอบด้วย ความเร็วคลื่นอัลตราโซนิก (UPV), ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) และค่าชมิดตีแฮมเมอร์ (Rebound Number) รวมถึงการทดสอบกำลังอัด เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้กับพัฒนาการกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบชนิดแตกต่างกัน (หินปูนและหินบะซอลต์) และขนาดต่างกัน (3/4", 1/2", 3/8") ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีต ดัง ภาพที่ 4



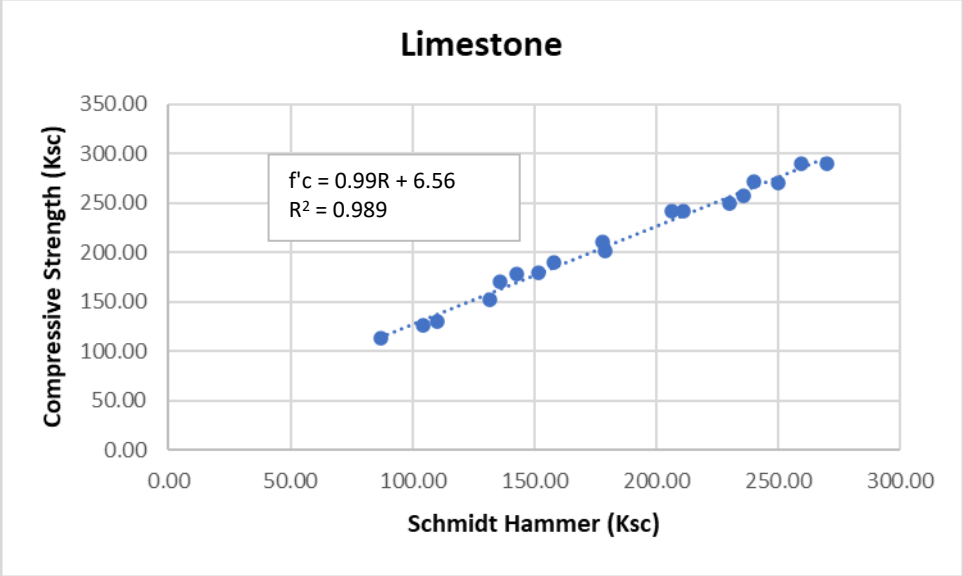
ภาพที่ 4 ผลการทดสอบ ค่ากำลังอัด



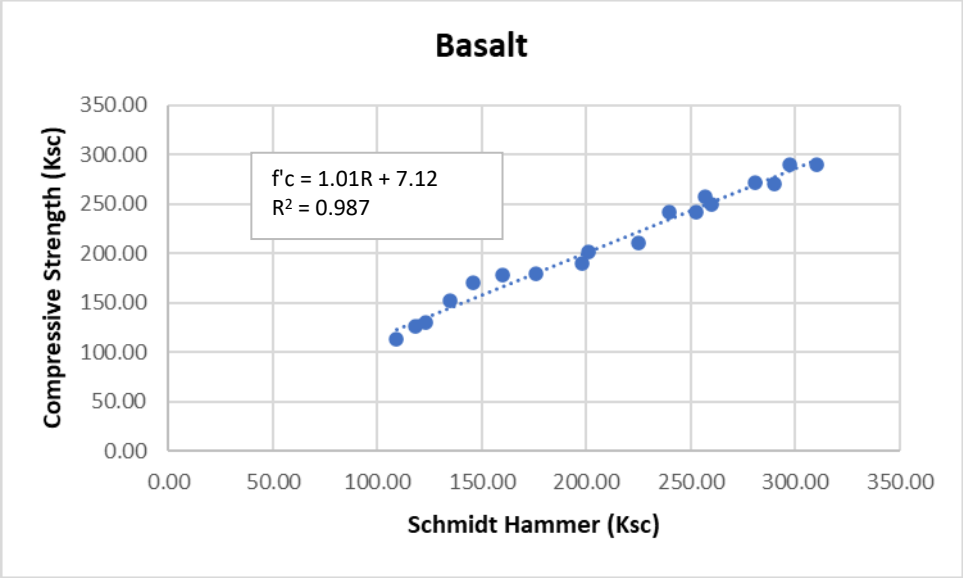
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตกับอัลตราโซนิก สำหรับมวลรวมหินปูน



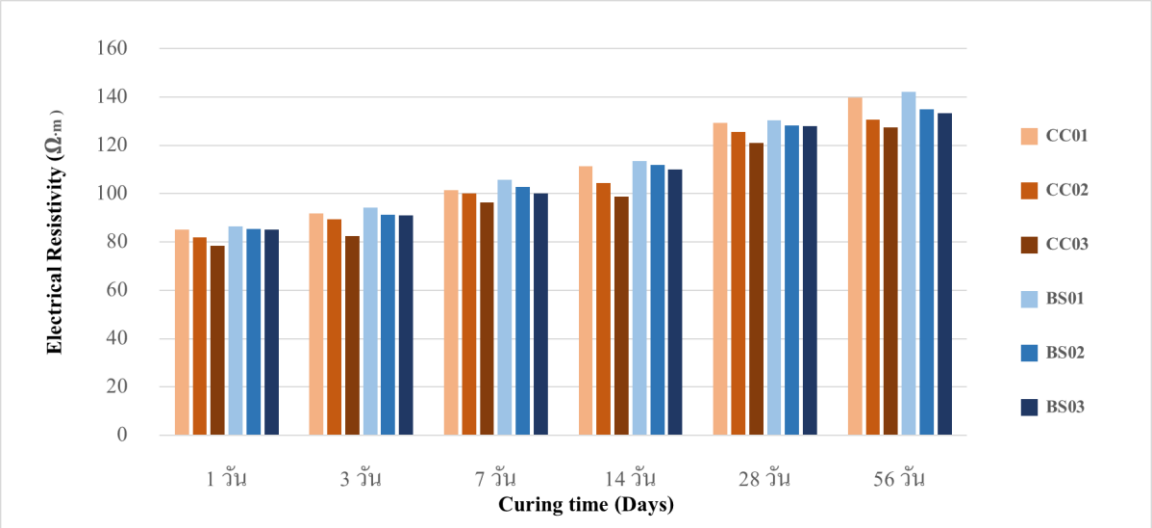
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตกับอัลตราโซนิก สำหรับมวลรวมหินบะซอลต์



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตกับค่าสะท้อนกลับ สำหรับมวลรวมหินปูน



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตกับค่าสะท้อนกลับ สำหรับมวลรวมหินบะซอลต์



ภาพที่ 9 ค่าความต้านทานไฟฟ้าสำหรับมวลรวมหินปูนและ หินบะซอลต์

อภิปรายผล

ผลการศึกษานำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) ได้แก่ความเร็วคลื่นอัลตราโซนิก (UPV), ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) และค่าชมิดต์แฮมเมอร์ (Rebound Number) เปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตในช่วงอายุ 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน โดยพิจารณาตามชนิดมวลรวมหยาบ (หินปูนและหินบะซอลต์) และขนาดมวลรวมหยาบ (3/4”, 1/2", 3/8”) ผลการทดสอบสามารถอภิปรายได้ดังนี้

1. ความเร็วคลื่นอัลตราโซนิก (UPV)

ผลการทดสอบพบว่า ค่า UPV มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกสูตรผสมเมื่ออายุคอนกรีตเพิ่มขึ้น เช่น สูตรหินปูน 3/4" มีค่า UPV เพิ่มขึ้นจาก 2.95 km/s ที่อายุ 1 วันเป็น 3.84 km/s ที่อายุ 56 วัน และสูตรบะซอลต์ 3/4" เพิ่มขึ้นจาก 3.03 km/s เป็น 3.88 km/s ในช่วงอายุเดียวกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.932 แสดงว่าวิธีนี้สามารถใช้ประเมินระดับความแน่นของ

เนื้อคอนกรีตและประมาณค่ากำลังอัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนถึงการพัฒนาโครงสร้างภายในของคอนกรีตที่มีความหนาแน่นและต่อเนื่องมากขึ้นอันเนื่องมาจากกระบวนการไฮเดรชันของปูนซีเมนต์เมื่ออายุเพิ่มขึ้น (J.C. Agunwambaa, T. Adagbab 2012)

2.ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity)

ผลการทดสอบ Resistivity พบว่าค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกสูตรตามอายุ เช่น สูตรหินปูน 3/4" เพิ่มขึ้นจาก 85.19 Ω·m เป็น 139.75 Ω·m ส่วนสูตรบะซอลต์ 3/4" เพิ่มขึ้นจาก 86.36 Ω·m เป็น 142.15 Ω·m การเพิ่มขึ้นดังกล่าวสะท้อนถึงการพัฒนาของเนื้อคอนกรีต โดยเฉพาะการเกิดผลึกผลิตภัณฑ์ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (C–S–H) ที่ช่วยลดปริมาณช่องว่างและการนำไฟฟ้าภายในคอนกรีต (Wiwattanachang N. & Giao P.H 2011) เช่นด้วยกับค่าความต้านทานไฟฟ้าพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกค่อนข้างสูงกับกำลังอัด โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.898 แสดงว่าวิธีนี้สามารถใช้ประเมินระดับความแน่นของเนื้อคอนกรีตและประมาณค่ากำลังอัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงอายุคอนกรีตตั้งแต่ 14 วันขึ้นไปที่คอนกรีตมีความเสถียรสูงขึ้น

สำหรับค่าความต้านทานไฟฟ้า พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มของคอนกรีตทุกสูตรผสม ซึ่งสะท้อนถึงการลดลงของความพรุนและการเชื่อมต่อของรูพรุนภายในเนื้อคอนกรีต โดยคอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์เป็นมวลรวมหยาบให้ค่า Electrical Resistivity สูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนในช่วงอายุเดียวกัน แสดงถึงโครงสร้างภายในที่มีความหนาแน่นมากกว่า ทั้งนี้ ค่าความต้านทานไฟฟ้าช่วยอธิบายพฤติกรรมเชิงกายภาพของเนื้อคอนกรีตซึ่งไม่สามารถประเมินได้จากการทดสอบเชิงกลเพียงอย่างเดียว

3. ค่าชมิดต์แฮมเมอร์ (Rebound Number)

ผลการทดสอบ Schmidt Hammer พบว่าค่ามีการเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีตอย่างชัดเจนในทุกสูตรผสมตัวอย่างเช่น สูตรบะซอลต์ 3/4" มีค่าเพิ่มจาก 123.3 ที่อายุ 1 วันเป็น 297.3 ที่อายุ 28 วัน ส่วนสูตรหินปูน 3/4" เพิ่มจาก 110.3 เป็น 259.7 ในช่วงอายุเดียวกัน การเพิ่มขึ้นนี้สอดคล้องกับการพัฒนาโมดูลัสความแข็งของผิวคอนกรีตเมื่อกำลังอัดเพิ่มขึ้น ค่าชมิดต์แฮมเมอร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับกำลังอัดในระดับสูงที่สุดจากทุกวิธี โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.987 แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับใช้ประเมินกำลังอัดคอนกรีตในงานภาคสนาม เนื่องจากขั้นตอนทดสอบง่าย ไม่ทำลายตัวอย่าง และให้ผลที่สอดคล้องกับค่ากำลังอัดอย่างเด่นชัด (J.C. Agunwambaa, T. Adagbab 2012)

4. อิทธิพลของชนิดมวลรวมหยาบต่อสมบัติของคอนกรีต

ผลการเปรียบเทียบพบว่า คอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์มีค่าสมบัติที่สูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนอย่างสม่ำเสมอทั้งในด้านค่า UPV ค่า Resistivity ค่า Schmidt Hammer และค่ากำลังอัดในทุกอายุ ตัวอย่างเช่น กำลังอัดของบะซอลต์ 3/4" ที่อายุ 56 วันเท่ากับ 330 kg/cm² ขณะที่หินปูน 3/4" เท่ากับ 295 kg/cm² ความแตกต่างดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากคุณสมบัติทางกลของมวลรวมหยาบ โดยหินบะซอลต์มีความหนาแน่นสูงกว่า มีโมดูลัสยืดหยุ่นมากกว่า และมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ ส่งผลให้ระนาบรอยต่อระหว่างมวลรวมกับเนื้อปูนซีเมนต์ (Interfacial Transition Zone: ITZ) มีความแข็งแรงมากขึ้น ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลโดยรวมของคอนกรีต

5. อิทธิพลของขนาดมวลรวมหยาบ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ขนาดมวลรวมมีผลต่อพฤติกรรมและความแข็งแรงของคอนกรีต โดยมวลรวมขนาด 3/4" ให้ค่าทดสอบสูงที่สุด รองลงมาคือขนาด 1/2" และต่ำสุดคือขนาด 3/8" ทั้งในด้านค่า UPV ค่า Resistivity ค่า Schmidt Hammer และค่ากำลังอัด สาเหตุเกิดจากมวลรวมขนาดใหญ่ช่วยลดจำนวนพื้นที่ผิวรวม ส่งผลให้จำนวนบริเวณ (Interfacial Transition Zone: ITZ) ลดลง และทำให้โครงสร้างภายในมีความต่อเนื่องมากกว่า

สรุปผล

ผลการวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทดสอบแบบไม่ทำลาย ได้แก่ ความเร็วคลื่นอัลตราโซนิก (UPV), ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) และค่าชมิดต์แฮมเมอร์ (Rebound Number) กับค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบชนิดหินบะซอลต์และหินปูน ขนาด 3/4 นิ้ว 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว ในช่วงอายุ 1, 3, 7, 14, 28 และ 56 วัน ผลการทดลองพบว่า คอนกรีตที่ใช้หินบะซอลต์มีค่ากำลังอัดและค่าจากการทดสอบแบบไม่ทำลายสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินปูนอย่างต่อเนื่องในทุกช่วงอายุ สะท้อนถึงคุณสมบัติของหินบะซอลต์ซึ่งมีความหนาแน่นสูง โมดูลัสยืดหยุ่นมากกว่า และมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำกว่า ทำให้โครงสร้างภายในคอนกรีตมีความแข็งแรงและเสถียรมากขึ้น ขณะที่ขนาดมวลรวมยังมีอิทธิพลต่อสมบัติคอนกรีตอย่างชัดเจน โดยมวลรวมขนาด 3/4 นิ้วให้ค่ากำลังอัดและค่าทดสอบแบบไม่ทำลายสูงที่สุด รองลงมาคือขนาด 1/2 นิ้ว และต่ำสุดคือขนาด 3/8 นิ้ว ซึ่งสอดคล้องกับหลักการลดจำนวนรอยต่อระหว่างมวลรวมและเนื้อปูนซีเมนต์ (ITZ) ของมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่า

ด้านพฤติกรรมของค่าการทดสอบแบบไม่ทำลาย พบว่า ค่า UPV มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีต เช่นเดียวกับค่า Electrical Resistivity เพิ่มขึ้นตามอายุคอนกรีตอย่างชัดเจน สะท้อนถึงการลดลงของความพรุนและความต่อเนื่องของเนื้อคอนกรีต และมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกับกำลังอัดโดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.898 ขณะที่ค่าชมิดต์แฮมเมอร์แสดงความสัมพันธ์สูงที่สุดกับกำลังอัด โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.975 ซึ่งบ่งชี้ว่าวิธี Schmidt Hammer สามารถใช้ประเมินพัฒนาการด้านความแข็งแรงของคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

โดยสรุป การทดสอบแบบไม่ทำลายสามารถนำมาใช้ประเมินกำลังอัดคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการใช้วิธี Schmidt Hammer ร่วมกับวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งให้ผลคาดการณ์กำลังอัดที่แม่นยำและสอดคล้องกับค่าจริงมากที่สุด ในขณะที่ชนิดและขนาดของมวลรวมหยาบมีอิทธิพลโดยตรงต่อสมบัติของคอนกรีต ซึ่งควรพิจารณาอย่างรอบคอบในการออกแบบส่วนผสมสำหรับงานโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงสูง

กิตติประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงโม่หินบะซอลต์ จังหวัดอุบลราชธานี ที่เอื้อเฟื้อหินบะซอลต์คุณภาพดี รวมทั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือทดสอบ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ทำให้การวิจัยสามารถดำเนินไปได้อย่างเป็นระบบและมีความถูกต้องทางวิชาการ นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรห้องปฏิบัติการและผู้ที่ให้การสนับสนุนด้านเทคนิคทุกท่าน ที่ได้ช่วยเหลือในการเตรียมวัสดุ การทดสอบตัวอย่าง และการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จนทำให้ผลงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

สุรศักดิ์ ราศี. (2551). คุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินแหล่งจังหวัดดเลยเพื่อใช้สำหรับผสมคอนกรีตกำลังสูง.

ณรงค์ชัย ปักษา. (2022). การพัฒนาคอนกรีตโมดูลัสยืดหยุ่นสูงด้วยหินบะซอลต์และตะกรันเหล็กสำหรับโครงสร้างแข็งเกร็งพิเศษ.

ดนุพล ตันนโยภาส. (2553). คุณลักษณะกระเบื้องเซรามิกผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมร่วมกับเถ้าใยปาล์มน้ำมัน.

ประชุม คำพุฒ. (2012). การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกประสานจากเศษหินบะซอลต์.

ธีรติ ศรีจันทร์. (2554). การศึกษาผลการบ่มต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ชนิดของปูนซีเมนต์และวัสดุประสานต่างกัน.

ASTM C 597 – 2016 – Standard Test Method For Pulse Velocity Through Concrete https://store.astm.org/c0597-22.html

ASTM C1760-12 Standard Test Method for Bulk Electrical Conductivity of Hardened Concrete (Withdrawn 2021) https://store.astm.org/c1760-12.html

ASTM C805/C805 M-08 Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete https://store.astm.org/c0805_c0805m-18.html

ASTM C39/C39M-21 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens https://store.astm.org/c0039_c0039m-21.html

ASTM C33/C33M18 StandardSpecification for Concrete Aggregates https://store.astm.org/c0033_c0033m-18.html

ASTM C150/C150M-24 Standard Specification for Portland Cement https://store.astm.org/c0150_c0150m-24.html

ASTM C1602/C1602M-22 Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete https://store.astm.org/c1602_c1602m-22.html

ASTM C128-22 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate https://store.astm.org/c0128-22.html

ASTM C127-24 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate https://store.astm.org/c0127-24.html

Wiwattanachang N. & Giao P.H (2011). Monitoring crack development in fiber concrete beam by using electrical resistivity imaging. Journal of Applied Geophysics, 75, 294-304.

Wiwattanachang, N., Vichalai, C., & Giao, P. H. (2023). Influence of calcium carbonate sludge on cement-stabilized subgrade quality as investigated by means of electrical resistivity measurements. Scientific Reports, 13(1), 19392.

Wiwattanachang, N., Vichalai, C., Keanbuddee, A., & Giao, P. H. (2025). Geoenvironmental use of CaCo3 sludge in subgrade soil for a greener sugar industry. Scientific Reports, 15(1), 20686.

J.C. Agunwambaa, T. Adagbab (2012). a comparative analysis of the rebound hammer and ultrasonic pulse velocity in testing concrete.

การประเมินคุณสมบัติของวัสดุชั้นทางเดิมร่วมกับวัสดุมวลรวมสำหรับการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง

Evaluation of engineering properties of original pavement materials combined with aggregate for subbase construction

ณัฐวุฒิ พันธุ์พิพัฒน์[1] บันเทิง ภู่พวง[1] และ ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง[1*]

Nattawut Panpipat[1], Banthoeng Phuphuang[1] and Narongchai Wiwattanachang[1*]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยการนำวัสดุชั้นทางเดิมจากชั้นพื้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต (Reclaimed Asphalt Pavement: RAP) ร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มาใช้เป็นส่วนผสม เพื่อเพิ่มมูลค่าวัสดุรีไซเคิลและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ วัสดุมวลรวมจากบ่อยืมในพื้นที่ตำบลบ้านครัว อำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี มีค่า California Bearing Ratio (CBR, Soaked) เท่ากับร้อยละ 21.6 ซึ่งต่ำกว่าข้อกำหนดมาตรฐาน และมีค่า Optimum Moisture Content (OMC) เท่ากับร้อยละ 7.2

การออกแบบส่วนผสมใช้ RAP ในอัตราร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก และปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนัก RAP ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการใช้ RAP ช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า CBR (Soaked) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28.6, 32.9 และ 44.8 ตามลำดับ ขณะที่ค่ากำลังอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compressive Strength: UCS) มีค่าเท่ากับ 11.4, 18.6 และ 24.9 กก./ตร.ซม. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกอัตราส่วนผสม

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้ RAP ในสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 50 สามารถยกระดับวัสดุรองพื้นทางที่เดิมไม่ผ่านมาตรฐานให้มีคุณสมบัติเชิงกลเหมาะสมต่อการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นทางเลือกที่ช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติรวมถึงต้นทุนการก่อสร้างถนน

คำสำคัญ: ชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม , วัสดุชั้นทางเดิม , ค่า California Bearing Ratio (CBR) , กำลังรับแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (UCS) , การปรับปรุงคุณภาพวัสดุด้วยซีเมนต์

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

[1] Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi 72130

[*] Corresponding author: nattawut.panpipat@gmail.com

Abstract

This study proposes an effective approach to improving substandard aggregate subbase materials by incorporating reclaimed asphalt pavement (RAP) from asphalt concrete surface layers in combination with Type I Portland cement. This method enhances the utilization of recycled materials while reducing the demand for natural aggregates. The aggregate used in this study was obtained from a borrow pit in Ban Khrua Subdistrict, Ban Mo District, Saraburi Province, Thailand. Initial testing in accordance with the Department of Highways standards showed that the original aggregate had a soaked California Bearing Ratio (CBR) of 21.6%, which did not meet the specified requirement, and an optimum moisture content (OMC) of 7.2% determined from the Modified Proctor compaction test.

Mixture designs were developed by incorporating RAP at proportions of 30%, 40%, and 50% by weight of aggregate, with quality improvement achieved by adding Type I Portland cement at 10% of the RAP weight. The mechanical performance of the mixtures was evaluated using soaked CBR and unconfined compressive strength (UCS) tests. The results indicated a significant improvement in mechanical properties with increasing RAP content. The soaked CBR values increased to 28.6%, 32.9%, and 44.8%, while the corresponding UCS values were 11.4, 18.6, and 24.9 kg/cm², respectively. All mixtures satisfied the relevant standard requirements.

The key finding of this study is that incorporating RAP at levels up to 50% can effectively upgrade aggregate subbase materials that fail to meet specifications, confirming RAP as a sustainable and cost–effective alternative for aggregate subbase construction. aggregate subbase construction.

Keywords: Aggregate subbase, Reclaimed asphalt pavement (RAP), California Bearing Ratio (CBR), Unconfined compressive strength (UCS), Cement stabilization

บทนำ

อายุการใช้งานของถนนแอสฟัลต์คอนกรีตขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณและน้ำหนักของยานพาหนะ สภาพภูมิอากาศ คุณภาพวัสดุก่อสร้าง ความแข็งแรงของโครงสร้างพื้นทางเดิม ระบบระบายน้ำ และคุณภาพของการก่อสร้าง เมื่อถนนเกิดความเสียหายในระดับต่าง ๆ จะมีการบำรุงรักษาตามความรุนแรงของความเสียหาย ตั้งแต่การปะซ่อม การขุดซ่อม การทำผิวทางเสริม (Overlay) ไปจนถึงการบูรณะใหม่ทั้งหมด ในกรณีที่ต้องรื้อผิวทางเดิมด้วยวิธีการขูดไส (Milling) จะเกิดวัสดุชั้นทางเดิมซึ่งมักถูกเก็บรักษาไว้ที่หน่วยงานทางหลวงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในอนาคต

การนำวัสดุชั้นทางเดิมกลับมาใช้ใหม่เป็นแนวทางที่ช่วยลดต้นทุนการก่อสร้างและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยสามารถปรับปรุงคุณภาพวัสดุให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานด้วยการเติมวัสดุมวลรวมหรือสารปรับปรุงคุณภาพ เช่น ปูนขาว แอสฟัลต์ หรือกากแคลเซียมคาร์บอเนต (Wiwattanachang et al., 2023) ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทั้งในสถานที่ก่อสร้างและในโรงงาน ในระดับนานาชาติ มีงานวิจัยจำนวนมากที่รายงานว่าการใช้วัสดุผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมหรือ Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) ร่วมกับวัสดุมวลรวมและสารยึดประสานสามารถเพิ่มสมบัติเชิงกลของวัสดุชั้นทางได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะค่า California Bearing Ratio (CBR) และกำลังรับแรงอัด (Arulrajah et al., 2014; Wen et al., 2016) นอกจากนี้ Locander (2019) ยังชี้ให้เห็นว่า RAP สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทางได้อย่างเหมาะสม หากมีการออกแบบส่วนผสมและการปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสม

สำหรับประเทศไทย วัสดุชั้นรองพื้นทางตามมาตรฐานกรมทางหลวงนิยมใช้หินคลุกหรือดินลูกรัง โดยพิจารณาจากคุณภาพ ต้นทุน และแหล่งวัสดุท้องถิ่นเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง (กรมทางหลวง, ทล.-ม.213/2567) ส่งผลให้มีการนำ RAP มาผสมกับวัสดุมวลรวมจากธรรมชาติสำหรับงานชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางอย่างแพร่หลาย (สราวุธ จริตงาม และคณะ, 2565) รวมถึงการปรับปรุง RAP ด้วยวัสดุเหลือใช้ทางอุตสาหกรรม เช่น กากแคลเซียมคาร์ไบด์ เถ้าลอย และจีโอโพลิเมอร์ ซึ่งสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดและความทนทานของวัสดุได้ (สิรภพ ล้อมแพน, 2559)

กรมทางหลวงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับปรุงวัสดุด้วยซีเมนต์ในงานชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางมาเป็นเวลากว่า 30 ปี ซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างทาง ลดความเสียหาย และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ายังมีข้อจำกัดในด้านการศึกษาการใช้ RAP ในสัดส่วนสูงร่วมกับวัสดุมวลรวมท้องถิ่นที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน และการประเมินสมบัติเชิงกลภายใต้มาตรฐานกรมทางหลวงอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในงานชั้นรองพื้นทาง

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาวัสดุชั้นรองพื้นทางโดยนำวัสดุชั้นทางเดิมจากการขูดไสผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (RAP) มาผสมกับวัสดุมวลรวมและปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยใช้สัดส่วน RAP ร้อยละ 30, 40 และ 50 เพื่อออกแบบส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับงานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (Subbase) และทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานกรมทางหลวง ทั้งนี้ ผลการศึกษาที่ได้คาดว่าจะเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม เพิ่มคุณภาพวัสดุชั้นรองพื้นทาง ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดต้นทุนก่อสร้าง และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนอย่างยั่งยืนในงานก่อสร้างทาง

วิธีวิทยาการวิจัย

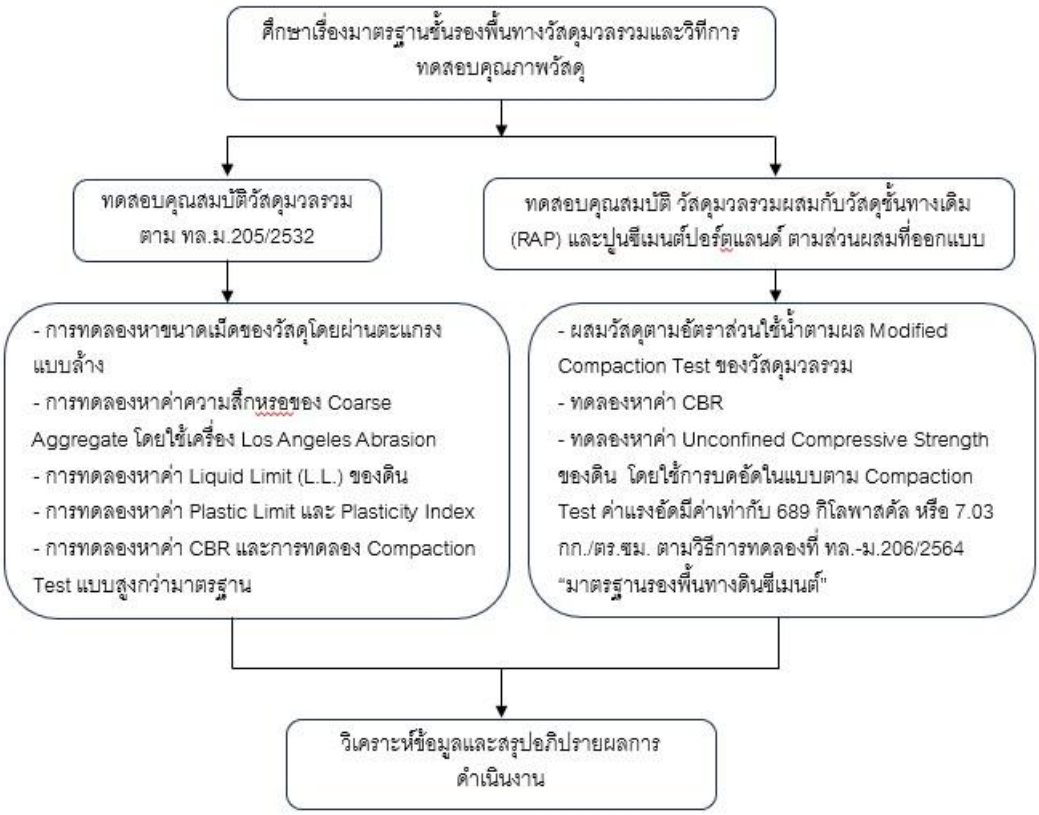
การศึกษานี้มุ่งประเมินสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุชั้นรองพื้นทางที่ได้จากการผสมวัสดุมวลรวมกับวัสดุชั้นทางเดิมจากการขูดไสผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (Reclaimed Asphalt Pavement: RAP) โดยปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสัดส่วน RAP ร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก เพื่อออกแบบส่วนผสมให้เป็นไปตามมาตรฐาน ทล.-ม. 205/2532 (กรมทางหลวง, 2532) จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม โดยเฉพาะค่ากำลังอัดไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compressive Strength: UCS) เพื่อประเมินความเหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับการใช้งานเป็นชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ซึ่งแบ่งส่วนผสมออกเป็น 3 ส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละโดยน้ำหนัก อัตราส่วนผสมระหว่าง วัสดุมวลรวม วัสดุชั้นทางเดิม และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตัวอย่าง	วัสดุมวลรวม (SA) (%)	วัสดุชั้นทางเดิม (RAP) (%)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 (ร้อยละ 10 ของน้ำหนัก RAP) (%)
SA-RAP-A	70	30	3
SA-RAP-B	60	40	4
SA-RAP-C	50	50	5

*** SA-RAP คือ ตัวอย่างทดสอบ วัสดุมวลรวมผสมวัสดุชั้นทางเดิม และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

1. ขั้นตอนการดำเนินงาน ดังแสดงใน ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

2.1 วัสดุมวลรวมจากบ่อยืม บ่อดินภายในพื้นที่ ตำบลบ้านครัว อำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี ดังแสดงใน ภาพที่ 2



(a) (b)

ภาพที่ 2 (a),(b) วัสดุมวลรวม หรือดินลูกรัง

2.2 วัสดุชั้นทางเดิมโดยเป็นวัสดุที่ได้จากการขุดใส (Milling) ในส่วนของชั้นพื้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต (Reclaimed Asphalt Pavement – RAP) ซึ่งมีขนาดคละไม่โตกว่า 50 มิลลิเมตร จากงานก่อสร้างในพื้นที่จังหวัดสระบุรี ดังแสดงใน ภาพที่ 3



(a) (b)

ภาพที่ 3 (a),(b) วัสดุชั้นทางเดิมในส่วนของชั้นพื้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต

2.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน มอก.15 หรือมาตรฐาน ASTM C150 (ASTM International 2020)

3. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.1 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุมวลรวม

– วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอ ให้มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.–ท. 202/2515 “วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 60 (กรมทางหลวง,ทล.–ท.205/2015) ดังแสดงใน ภาพที่ 4



(a) (b)

ภาพที่ 4 (a),(b) การทดลองหาค่าความสึกหรอ โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion

– วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.–ท.205/2517 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” ต้องมีขนาดใดขนาดหนึ่งตามตารางที่ 2 (กรมทางหลวง,ทล.–ท.205/2017) และวิธีทำดังแสดงใน ภาพที่ 5

ตารางที่ 2 ขนาดคละของรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (ทล.-ท.205/2517)

ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร	ร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยมวล				
	A	B	C	D	E
50 (2")	100	100	-	-	-
25.0 (1")	-	-	100	100	100
9.5 (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100	-
2.00 (เบอร์ 10)	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
0.425 (เบอร์ 40)	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50
0.075 (เบอร์ 200)	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20



(a)



(b)

ภาพที่ 5 (a),(b) การทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรง

- วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L.) ของดิน มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.102/2515 “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L.) ของดิน” ไม่เกินร้อยละ 35 (กรมทางหลวง,ทล.-ท. 102/2015) ดังแสดงใน ภาพที่ 6



(a)



(b)

ภาพที่ 6 (a),(b) การทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L.) ของดิน

– วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index ต้องมีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตามวิธีทดลองที่ ทล.–ท.103/2515 “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index” ไม่เกินร้อยละ 11 (กรมทางหลวง,ทล.–ท.103/2015) ดังแสดงใน ภาพที่ 7



(a)



(b)

ภาพที่ 7 (a),(b) วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index

– วิธีการทดลองหาค่า CBR โดยการทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked) มีค่า CBR เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.–ท.109/2517 “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่ความหนาแน่นของการบดอัด (กรมทางหลวง,ทล.–ท.109/2517) ดังแสดงใน ภาพที่ 8



(a)



(b)

ภาพที่ 8 (a),(b) การทดลองหาค่า CBR โดยการทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked)

– วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน ต้องมีความหนาแน่นของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.–ท.108/2517 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” (กรมทางหลวง,ทล.–ท.108/2517) ดังแสดงใน ภาพที่ 9



(a)

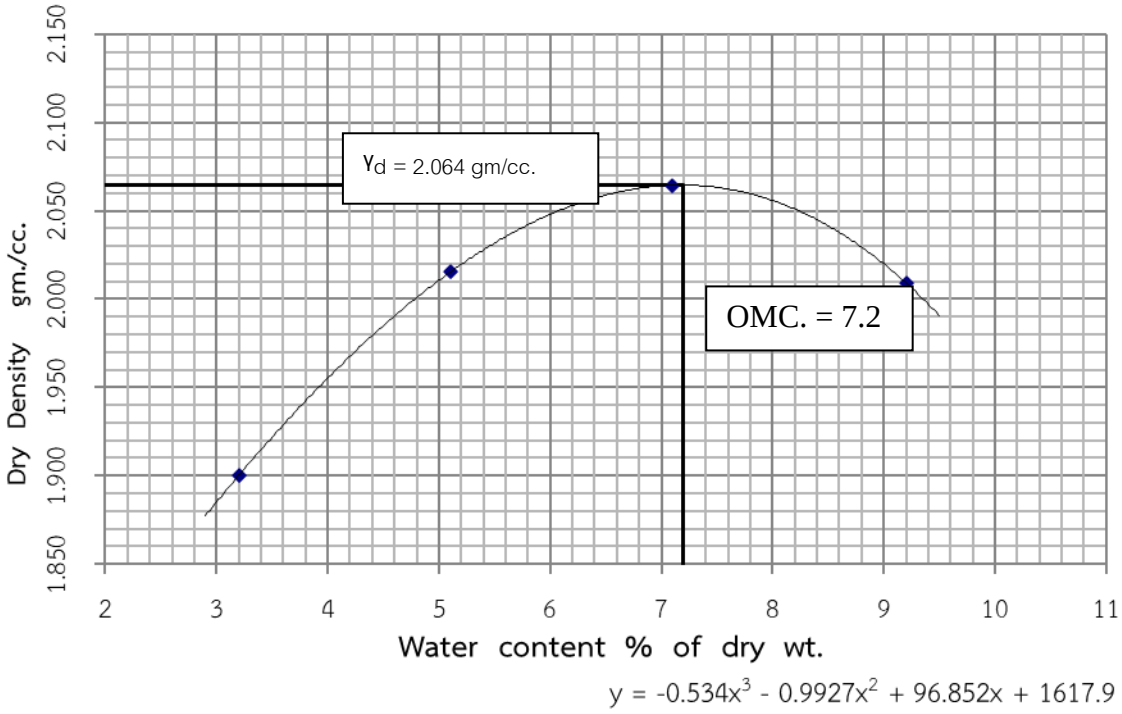


(b)

ภาะที่ 9 (a),(b) การทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน

3.2 การทดสอบคุณสมบัติ วัสดุมวลรวมผสมวัสดุชั้นทางเดิม (RAP) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามอัตราส่วนผสมที่ออกแบบ

– การเตรียมตัวอย่างและการผสมตัวอย่าง ตามตารางที่ 1 โดยเติมปริมาณน้ำที่ได้จากการทดลอง Compaction Test ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่เหมาะสม และความหนาแน่นแห้งสูงสุด ดังแสดงใน ภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่เหมาะสม และความหนาแน่นแห้งสูงสุด

– วิธีการทดลองหาค่า CBR โดยการทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked) มีค่า CBR เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.109/2517 “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่ความหนาแน่นของการบดอัด ดังแสดงใน ภาพที่ 11



(a)



(b)

ภาพที่ 11 (a),(b) การทดลองหาค่า CBR โดยการทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked)

– วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน ทำการการทดลองเพื่อหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน ตามวิธีการทดลองที่ ทล.–ท.105/2515 (กรมทางหลวง,ทล.–ท.105/2515) โดยอนุโลมซึ่งแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ทดสอบถูกบดอัดในแบบตามวิธีการทดลองที่ ที่ ทล.–ท.108/2517 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” ภายหลังการบ่มในถุงพลาสติกเพื่อมิให้ความชื่นเปลี่ยนแปลงนาน 7 วัน แล้วนำไปแช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 689 กิโลพาสคัล หรือ 7.03 กก./ตร.ซม. ตามวิธีการทดลองที่ ทล.–ม.206/2564 “มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์” (กรมทางหลวง,ทล.–ม.206/2564) ดังแสดงใน ภาพที่ 12



(a)



(b)

ภาพที่ 12 (a),(b) การทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน

ผลการศึกษา

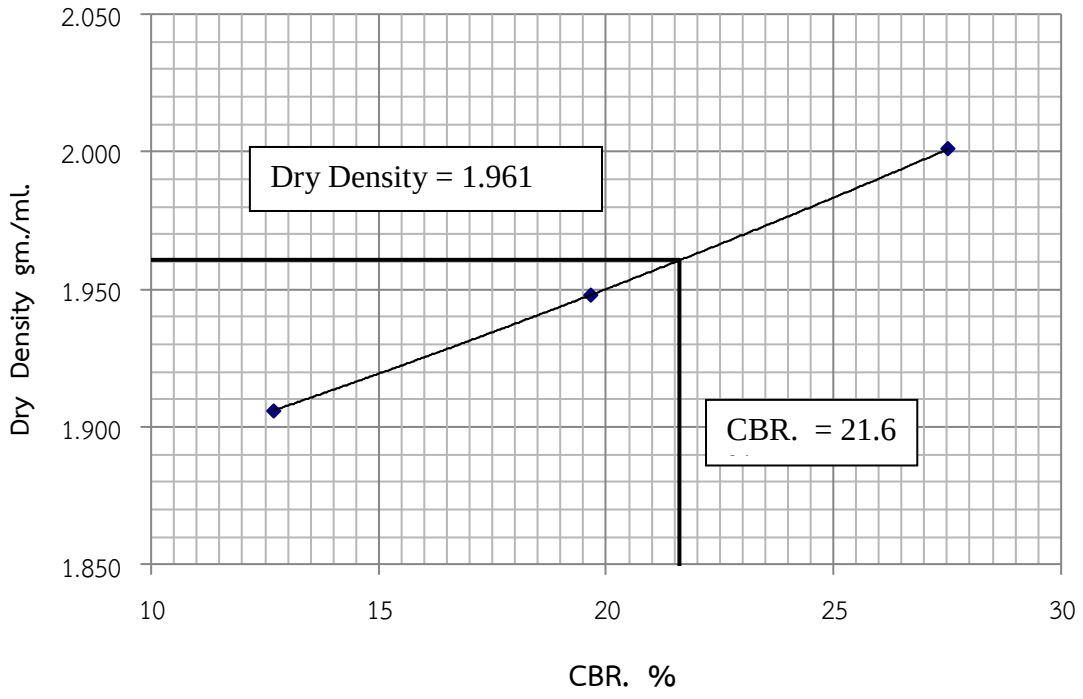
จากการทดสอบตามงานวิจัยการประเมินสมบัติของวัสดุชั้นทางเดิมร่วมกับวัสดุมวลรวมสำหรับการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางวิศวกรรมจากการทดสอบคุณสมบัติวัสดุมวลรวม และจากการทดสอบคุณสมบัติ วัสดุมวลรวมผสมวัสดุชั้นทางเดิม (RAP) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามอัตราส่วนผสมที่ออกแบบ ได้ดังนี้

1. การทดสอบคุณสมบัติวัสดุมวลรวม โดยได้ผลทดสอบตาม ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุมวลรวม

รายการทดสอบ	ค่าที่ได้	หน่วย
Los Angeles Abrasion of Coarse Aggregate	37.7	%
Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate	Grade B	-
Liquid Limit (L.L.)	34.5	%
Plastic Limit (P.L.)	23.5	%
Plasticity Index (P.I.)	10.9	%
Modified Compaction Test		
Dry Unit Weight of Soil	2.064	gm/cm^3
Optimize Moisture Content	7.2	%
California Bearing Ratio, CBR (Soaked)	21.6	%

จากผลการทดลองปรากฏว่าค่า California Bearing Ratio, CBR (Soaked) ไม่ผ่านตามมาตรฐานการทดลองที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่ความหนาแน่นของการบดอัด ดังแสดงใน ภาพที่ 13



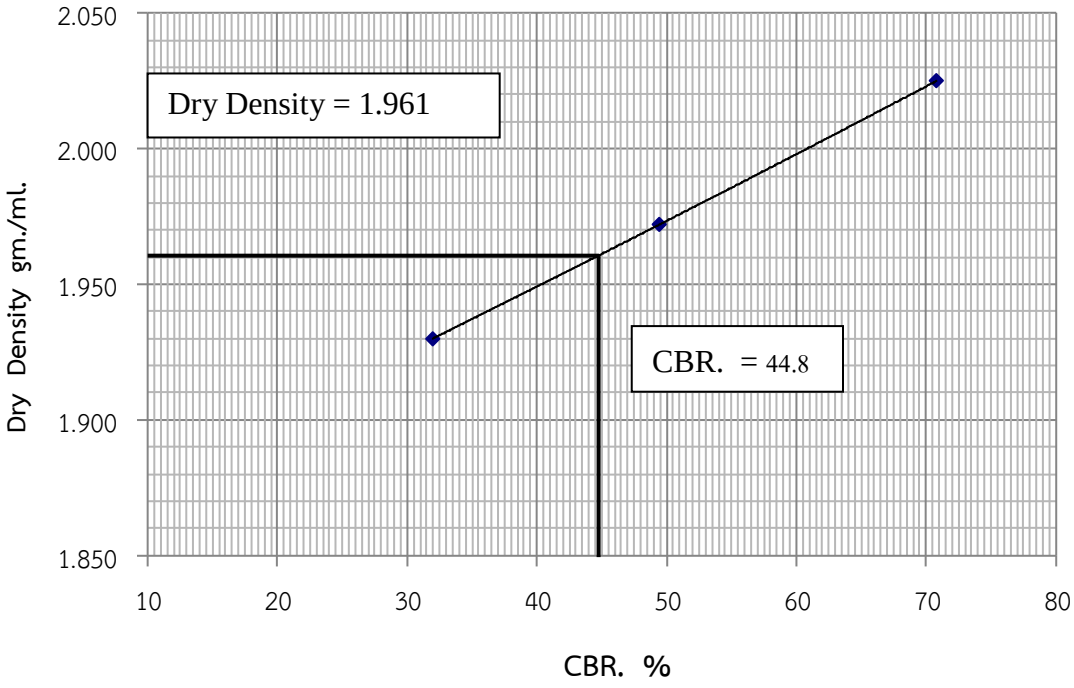
ภาพที่ 13 กราฟแสดงค่า CBR กับ ค่า Dry Density ความหนาแน่นแห้ง ของวัสดุมวลรวม

2. การทดสอบคุณสมบัติ วัสดุมวลรวมผสมวัสดุชั้นทางเดิม (RAP) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามอัตราส่วนผสมที่ออกแบบ โดยได้ผลทดสอบตาม ตารางที่ 4

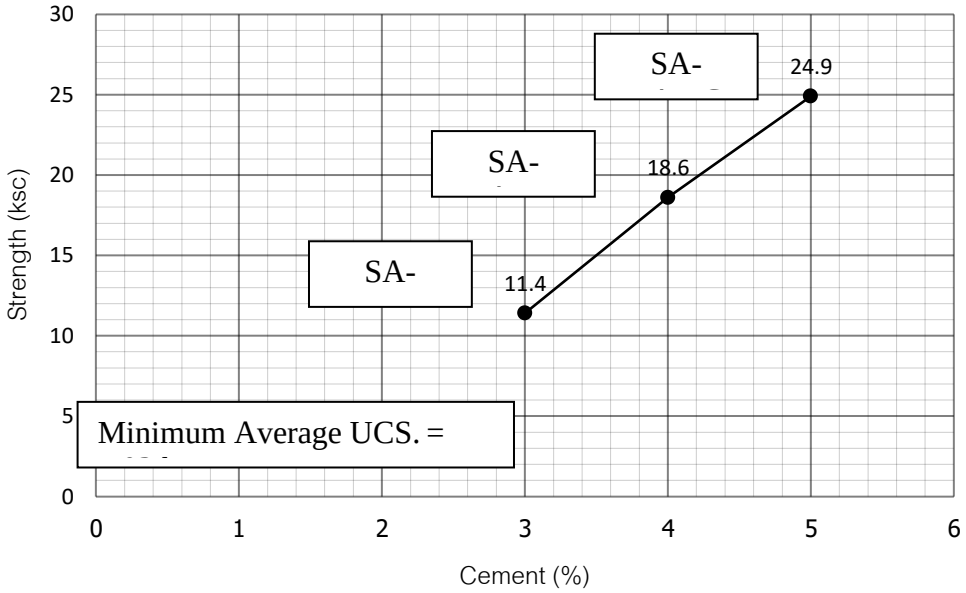
ตารางที่ 4 การทดสอบคุณสมบัติ วัสดุมวลรวมผสมวัสดุชั้นทางเดิม (RAP) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามอัตราส่วนผสมที่ออกแบบ

รายการทดสอบ	ค่าที่ได้	หน่วย
California Bearing Ratio, CBR (Soaked)		
SA-RAP-A (วัสดุมวลรวม 70% ต่อ วัสดุชั้นทางเดิม RAP 30%)	28.6	%
SA-RAP-B (วัสดุมวลรวม 60% ต่อ วัสดุชั้นทางเดิม RAP 40%)	32.9	%
SA-RAP-C (วัสดุมวลรวม 50% ต่อ วัสดุชั้นทางเดิม RAP 50%)	44.8	%
Unconfined Compressive Strength,USC.		
SA-RAP-A (วัสดุมวลรวม 70% ต่อ วัสดุชั้นทางเดิม RAP 30%)	11.4	ksc
SA-RAP-B (วัสดุมวลรวม 60% ต่อ วัสดุชั้นทางเดิม RAP 40%)	18.6	ksc
SA-RAP-C (วัสดุมวลรวม 50% ต่อ วัสดุชั้นทางเดิม RAP 50%)	24.9	ksc

จากผลการทดลองปรากฏว่าจากการนำวัสดุชั้นทางเดิมวัสดุชั้นทางเดิม (RAP) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เขามาเป็นส่วนผสมเพิ่มทำให้ค่า California Bearing Ratio, CBR (Soaked) ผ่านตามมาตรฐานการทดลองที่ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่ความหนาแน่นของการบดอัดทุกอัตราส่วน ซึ่งอัตราส่วนของตัวอย่าง SA-RAP-C มีค่า CBR มากที่สุด คือ 44.8 % ดังแสดงใน ภาพที่ 14 และมีค่า Unconfined Compressive Strength,USC. มากที่สุดคือ 24.9 ksc. ดังแสดงใน ภาพที่ 15



ภาพที่ 14 กราฟแสดงา CBR กับ ค่า Dry Density ความหนาแน่นแห้ง ของตัวอย่าง SA–RAP–C ที่มีค่า CBR สูงสุด



ภาพที่ 15 กราฟค่า Unconfined Compressive Strength,USC. ของตัวอย่างทดสอบ

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่าการนำวัสดุชั้นทางเดิมจากผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (RAP) มาผสมร่วมกับวัสดุมวลรวมและปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ สามารถเพิ่มสมบัติเชิงกลของวัสดุชั้นรองพื้นทางได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากบทบาทของวัสดุแต่ละองค์ประกอบในเชิงกลไกทางวิศวกรรม

ประการแรก RAP binder ซึ่งเป็นแอสฟัลต์ที่เคลือบผิวมวลรวมในวัสดุ RAP ทำหน้าที่เสมือนสารยึดประสานรอง (secondary binder) ช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดวัสดุ ลดการเคลื่อนตัวของเม็ดมวลรวม และเพิ่มความต้านทานต่อการรับแรงเฉือน ส่งผลให้ค่า CBR ของวัสดุผสมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อปริมาณ RAP เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในสัดส่วนร้อยละ 50 ซึ่งให้ค่า CBR สูงที่สุด

ประการที่สอง การเติมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทำให้เกิดกระบวนการ cement hydration ซึ่งก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ไฮเดรชัน เช่น calcium silicate hydrate (C–S–H) ที่ทำหน้าที่ยึดประสานระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมและผิวของ RAP binder ส่งผลให้โครงสร้างวัสดุมีความแข็งแรงและความแข็งตัว (stiffness) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังอัดไม่ถูกจำกัด (UCS) ตามสัดส่วน RAP ที่เพิ่มขึ้น และทุกอัตราส่วนผสมให้ค่า UCS สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐานกรมทางหลวง

ประการสุดท้าย การผสมวัสดุมวลรวมกับ RAP ในสัดส่วนที่เหมาะสมช่วยปรับปรุงการเรียงตัวและการประสานกันของเม็ดวัสดุ (interlocking) ทำให้โครงสร้างวัสดุมีความหนาแน่นสูงขึ้น เมื่อรวมกับผลของ RAP binder และซีเมนต์ จะส่งผลให้วัสดุผสมมีทั้งความสามารถในการรับแรง (strength) และความแข็งแกร่งเชิงโครงสร้าง (structural stiffness) ที่เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นชั้นรองพื้นทาง

ดังนั้น ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ RAP ร่วมกับวัสดุมวลรวมและการปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ไม่ได้เพียงแก้ปัญหาวัสดุที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานเท่านั้น แต่ยังช่วยเสริมสมรรถนะเชิงโครงสร้างของชั้นรองพื้นทางผ่านกลไกการยึดประสาน การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน และการประสานตัวของเม็ดวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ แขวงทางหลวงสระบุรี ที่สนับสนุนวัสดุในการทำงานวิจัยครั้งนี้, ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์วัสดุงานทาง สำนักงานทางหลวงที่ 11 (ลพบุรี) ที่อนุเคราะห์สถานที่ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์สุพรรณบุรี) ที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะและคำปรึกษาเชิงวิชาการอย่างต่อเนื่อง ทำให้การวิจัยสามารถดำเนินไปได้อย่างเป็นระบบและมีความถูกต้องทางวิชาการจนทำให้ผลงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

กรมทางหลวง. “มาตรฐานการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมกลับมาใช้ใหม่ (Pavement Recycling).” (ทล.-ม.213/2567).

กรมทางหลวง. “มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม.” (ทล.-ม.205/2532) : 1–8.

กรมทางหลวง. “มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์.” (ทล.-ม.206/2564).

กรมทางหลวง. “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน (เทียบเท่า AASHTO T 180).” (ทล.-ท. 108/2517) : 60–69.

กรมทางหลวง. “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (เทียบเท่า AASHO T 27–70).” (ทล.–ท.205/2517) : 116–126.

กรมทางหลวง. “วิธีการทดลองหาค่า CBR (เทียบเท่า AASHTO T 193).” (ทล.–ท.109/2517) : 70–87.

กรมทางหลวง. “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L.) ของดิน (เทียบเท่า AASHTO T 89).” (ทล.–ท.102/2515) : 8–16.

กรมทางหลวง. “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit (PL) และ Plasticity Index (PI) ของดิน (เทียบเท่า AASHTO T 90).” (ทล.–ท.103/2515) : 17–23.

กรมทางหลวง. “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน (เทียบเท่า AASHTO T 208).” (ทล.–ท.105/2515) : 30–37.

กรมทางหลวง. “วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion (เทียบเท่า ASTM C 131 และ C 535).” (ทล.–ท.202/2515) : 94–100.

สิรภพ ล้อมแพ้น. “กำลังอัดของวัสดุมวลรวมแอสฟัลต์คอนกรีตรีไซเคิลปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์ เถ้าลอย และจีโอโพลิเมอร์.” โครงงานปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2559.

สราวุธ จริตงาม, โอภาส สมใจนึก, และพิษณุ ช่วยเวช. “การใช้แอสฟัลต์คอนกรีตเก่าผสมกับหินคลุกและซีเมนต์ในงานก่อสร้างถนน.” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, เชียงราย, 27–26 สิงหาคม 2565.

Arulrajah, A., Piratheepan, J., & Disfani, M. M. (2014). Reclaimed asphalt pavement and recycled concrete aggregate blends in pavement subbases: Laboratory and field evaluation. Journal of Materials in Civil Engineering, 26(2), 349–357.

Locander, R. (2009). Analysis of using reclaimed asphalt pavement (RAP) as a base course material (Report No. CDOT–2009–5). Colorado Department of Transportation.

Wiwattanachang, N., Vichalai, C., & Giao, P. H. (2023). Influence of calcium carbonate sludge on cement–stabilized subgrade quality as investigated by means of electrical resistivity measurements. Scientific Reports, 13(1), 19392.

Oral Presentation

มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

อิทธิพลของ TikTok ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

The influence of TikTok on consumers' purchase decisions

ฐิติมา ช่วยเมือง[1*] กมนธนัส อินทร์ทอง[1] วัลลภา พัฒนา[1] และ จตุพร จิรันดร[1]

Thitima Chuaymueng[1*], Kamonthanat Inthong[1], Wanlapa Phattana[1] and Jatuporn Jirundorn[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยในทฤษฎี UTAUT ได้แก่ ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ความคาดหวังในการพยายาม อิทธิพลทางสังคม และสภาพสิ่งอำนวยความสะดวก ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคผ่านแอปพลิเคชัน TikTok 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความไว้วางใจกับการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคผ่านแอปพลิเคชัน TikTok 3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความไว้วางใจกับการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคผ่านแอปพลิเคชัน TikTok โดยใช้กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคในจังหวัดสงขลาที่เคยซื้อสินค้าผ่าน TikTok จำนวน 385 คน เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยทั้งสี่ด้านของ UTAUT รวมถึงความไว้วางใจมีระดับความสำคัญอยู่ในระดับสูง โดยสภาพสิ่งอำนวยความสะดวกและความไว้วางใจเป็นปัจจัยที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด นอกจากนี้ ผลการทดสอบสมมติฐานยังแสดงให้เห็นว่า ความคาดหวังในประสิทธิภาพ อิทธิพลทางสังคม สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก และความไว้วางใจ ล้วนมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่าน TikTok ข้อค้นพบดังกล่าวสะท้อนว่าผู้ประกอบการและนักการตลาดควรให้ความสำคัญกับการสร้างประสบการณ์การซื้อที่ดีบนระบบที่ใช้งานสะดวก มีความน่าเชื่อถือ และให้ข้อมูลที่โปร่งใส รวมถึงการออกแบบระบบชำระเงินและการรับประกันที่ปลอดภัย เพื่อเสริมสร้างความไว้วางใจและกระตุ้นให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้าอย่างต่อเนื่องบนแพลตฟอร์ม TikTok

คำสำคัญ: ความไว้วางใจ, ความคาดหวังในประสิทธิภาพ, ความคาดหวังในการพยายาม, อิทธิพลทางสังคม, การตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์ม TikTok

[1] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[1] Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

* Corresponding author: Thitima.c@rmutsvmail.com

Abstract

The aim of this study was threefold: 1) to investigate the factors within the UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) model, specifically Performance Expectancy, Effort Expectancy, Social Influence, and Facilitating Conditions, that affect consumers' purchase decisions through the TikTok application; 2) to study the relationship between Trust and consumers' purchase decisions through the TikTok application; and 3) to study the relationship between Trust and consumers' purchase decisions through the TikTok application. The sample group comprised 385 consumers in Songkhla province who had prior experience purchasing products via TikTok. Data collection was performed using questionnaires, and the analysis employed descriptive statistics and multiple regression analysis. The research results indicated that all four UTAUT factors, along with Trust, were perceived to be at a high level of importance, with Facilitating Conditions and Trust achieving the highest average scores. Furthermore, the hypothesis testing demonstrated that Performance Expectancy, Social Influence, Facilitating Conditions, and Trust all exerted a significant positive influence on the purchase decision through TikTok. These findings suggest that entrepreneurs and marketers should prioritize creating a positive buying experience on a platform that is convenient to use, reliable, and offers transparent information, which includes the design of secure payment systems and warranties to foster trust and consistently drive consumers' purchasing decisions on the TikTok platform.

Keywords: Trust, Performance Expectation, Effort Expectation, Social Influence, Consumer purchasing decisions on the TikTok platform

บทนำ

ในยุคปัจจุบันผู้คนใช้ชีวิตอยู่บนสื่อสังคมออนไลน์ ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารการซื้อสินค้า หรือการจอง เป็นต้น ทำให้ในหลาย ๆ ธุรกิจเริ่มหันมาให้ความสำคัญกับระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E– commerce) จากข้อมูลสรุป พ.ศ. 2568 มีผู้ใช้อินเทอร์เน็ตทั่วโลกจำนวน 5.64 พันล้านคน คิดเป็นร้อยละ 68.7 ของประชากรโลก โดยมีผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตเป็นสองเท่าของประชากรโลก และสำหรับประเทศไทย (DataReportal,2568) จากแรงสนับสนุนของประชากรชาวไทยทำให้มูลค่าตลาดอีคอมเมิร์ซสูงถึงประมาณ 105,000 ล้านบาท (Amzscout,2568) แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของแพลตฟอร์มดิจิทัลในการเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคในวงกว้างส่งผลให้หลายธุรกิจเริ่มพัฒนาบริการให้ตอบโจทย์ผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มความสะดวกสบาย และความง่ายในการใช้งานตลอดจนการยกระดับความปลอดภัยและความโปร่งใสในการทำธุรกรรมผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ผู้ใช้งานจึงสามารถมั่นใจในความปลอดภัยในการซื้อขายมากขึ้นตัวอย่างเช่นในกรณีที่ผู้บริโภคซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซหากสินค้าไม่ตรงตามที่โฆษณาไว้ผู้บริโภคสามารถดำเนินการขอคืนเงินหรือคืนสินค้าได้ (TikTok.com, 2568)

TikTok ได้มีการปรับเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียมาเป็นแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซในรูปแบบของพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท Business to Consumer (B2C) ซึ่งเป็นลักษณะของธุรกิจที่บริษัทหรือองค์กรจำหน่ายสินค้าและบริการโดยตรงให้แก่ผู้บริโภคปัจจุบัน ตลาดอีคอมเมิร์ซมีการแข่งขันที่เข้มข้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากแพลตฟอร์มที่มีอยู่เดิมซึ่งมีฐานผู้ใช้งานที่มั่นคงและระบบโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพสูงส่งผลให้ TikTok จำเป็นต้องพัฒนากลยุทธ์เฉพาะตัวเพื่อรองรับการแข่งขันดังกล่าวหนึ่งในกลยุทธ์สำคัญที่ TikTok นำมาใช้คือการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเสพสื่อของผู้บริโภคยุคใหม่โดยหลีกเลี่ยงการขายตรงและมุ่งเน้นการรีวิวสินค้าในลักษณะที่

เป็นธรรมชาติและจริงใจเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือและความไว้วางใจต่อแบรนด์และผลิตภัณฑ์นอกจากนี้ TikTok ยังจัดกิจกรรมส่งเสริมการขายเช่นการจัด FlashSale รายเดือนพร้อมแจกโค้ดส่วนลดพิเศษในวันสำคัญ เช่น วันที่ 1 มกราคม ของทุกปีกลยุทธ์เหล่านี้มีผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในขณะเดียวกันพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้กลายเป็นช่องทางหลักในการดำเนินธุรกิจขององค์กรจำนวนมากเนื่องจากสามารถเข้าถึงผู้บริโภคได้ อย่างกว้างขวางและมีความสะดวกในการใช้งานอย่างไรก็ตามความสำเร็จของการค้าขายผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล เช่น TikTok มิได้ขึ้นอยู่กับเพียงแค่กลยุทธ์การตลาดหรือความสะดวกของระบบเท่านั้นหากแต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านพฤติรรมผู้บริโภคและการยอมรับเทคโนโลยีเป็นสำคัญหนึ่งในปัจจัยที่มีบทบาทอย่างยิ่งต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคคือความไว้วางใจซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความตั้งใจในการเลือกซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์โดยเฉพาะในแพลตฟอร์ม TikTok ซึ่งเนื้อหาจำนวนมากไม่ได้อยู่ในรูปแบบของโฆษณาโดยตรงแต่เป็นการรีวิวจากผู้ใช้งานจริงหรือผู้มีอิทธิพลทางความคิดดังนั้นการสร้างความไว้วางใจจึงถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยจูงใจให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจและตัดสินใจซื้อสินค้าได้ (Kusumawati & Rahayu, 2023; Rahmawati & Fitriani, 2023) นอกจากนี้ความคาดหวังในประสิทธิภาพและความคาดหวังในการพยายามซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบรวม (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : UTAUT) ก็มีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการยอมรับการใช้งานระบบอีคอมเมิร์ซโดยผู้บริโภคจะมีแนวโน้มในการใช้งานระบบมากขึ้นหากพวกเขารับรู้ว่าการใช้งานแพลตฟอร์มนั้นสามารถช่วยให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดความยุ่งยากซับซ้อนในกระบวนการซื้อสินค้า (Venkateshetal. 2003; Alalwan, 2020) ในส่วนของอิทธิพลทางสังคมพบว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มตัดสินใจซื้อสินค้าตามคำแนะนำของบุคคลรอบข้างเช่นเพื่อครอบครัวหรือผู้มีอิทธิพลทางโซเชียลมีเดียโดยเฉพาะในแพลตฟอร์ม TikTok ซึ่งเนื้อหาวิดีโอมีผลต่อกระบวนการโน้มน้าวใจของผู้ใช้งานในระดับสูง (Putrietal, 2023) ในขณะเดียวกัน สภาพสิ่งอำนวยความสะดวกภายในระบบ เช่นการออกแบบหน้าแอปพลิเคชันที่มีความเข้าใจง่าย ความรวดเร็วในการดำเนินธุรกรรม และความต่อเนื่องของประสบการณ์การใช้งาน มีอิทธิพลต่อการรับรู้ด้านอารมณ์และแรงจูงใจภายในของผู้บริโภค ซึ่งส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการตัดสินใจซื้ออย่างฉับพลันโดยไม่ผ่านกระบวนการไตร่ตรองอย่างรอบคอบ (Herunata & Balqiah, 2021)

ในขณะเดียวกันความไว้วางใจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลทางสังคมและสภาพสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานที่ผู้บริโภคมีต่อการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok จึงน่าจะเป็นตัวแบบที่ดีของการศึกษาอิทธิพลของ TikTok ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริโภคเพื่อให้ผู้ประกอบการหรือบุคคลที่สนใจในการทำธุรกิจผ่านแพลตฟอร์ม TikTok สามารถนำกลยุทธ์ทางการตลาดมาปรับใช้เพื่อให้สามารถนำเสนอขายสินค้าและบริการผ่านแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซทำให้สร้างรายได้และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจได้

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงใช้ ตัวแปรต้น ได้แก่ ค่าความคาดหวังในประสิทธิภาพ, ความคาดหวังในการพยายาม, อิทธิพลทางสังคม และ สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก ขณะที่ ตัวแปรอิสระ คือ ความไว้วางใจ และ ตัวแปรตาม คือ การตัดสินใจซื้อ โดยผลการวิจัยจะนำเสนอในรูปของ ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อแสดงระดับความคิดเห็นและแนวโน้มการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างต่อปัจจัยต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนและมีความเที่ยงตรง ทั้งนี้ ผลการศึกษายังช่วยให้ผู้ประกอบการเข้าใจบทบาทของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อบน TikTok สามารถออกแบบกลยุทธ์ที่เหมาะสม เช่น การปรับปรุงประสบการณ์ใช้งาน การเสริมสร้างความน่าเชื่อถือของร้านค้า การทำคอนเทนต์ที่ตรงกับความคาดหวังของผู้บริโภค และการใช้ประโยชน์จากอิทธิพลทางสังคมเพื่อนำไปสู่การเพิ่มยอดขาย รวมถึงยกระดับความสามารถในการแข่งขันในตลาดอีคอมเมิร์ซได้ดียิ่งขึ้น

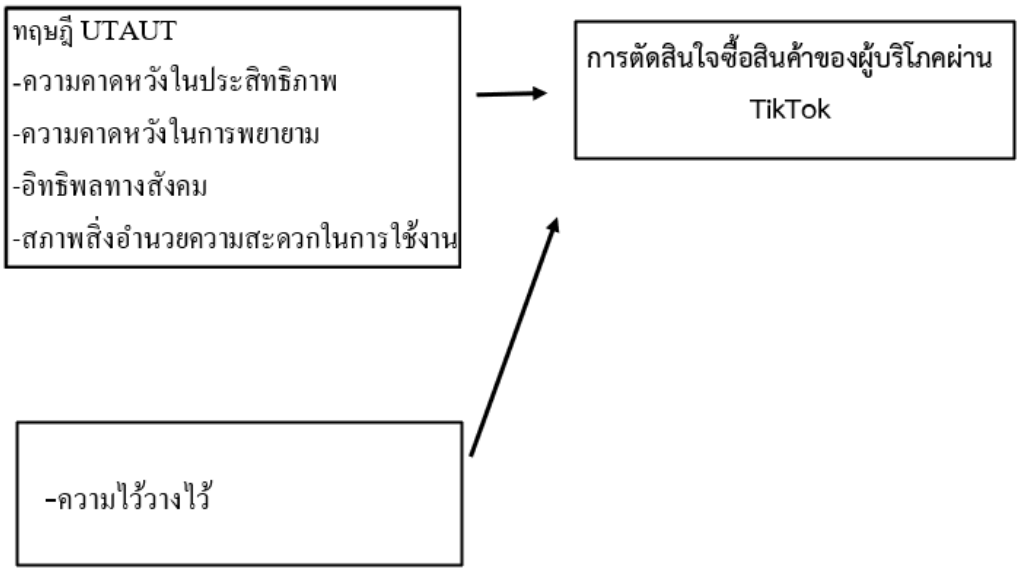
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยในทฤษฎี UTAUT และความไว้วางใจ

2. เพื่อศึกษาปัจจัยในทฤษฎี UTAUT ได้แก่ ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ความคาดหวังในการพยายาม อิทธิพลทางสังคม และสภาพสิ่งอำนวยความสะดวก ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคผ่านแอปพลิเคชัน TikTok

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความไว้วางใจกับการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคผ่านแอปพลิเคชัน TikTok

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน



วิธีวิทยาการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok

ผู้บริโภคชาวไทยที่ตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการคำนวณหากลุ่มตัวอย่าง โดยจะใช้วิธีการกำหนดตัวอย่างจากสูตรคอเรน (Corhran, W.G., 1953) โดยกำหนดค่าสัดส่วนของประชากร 0.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และสัดส่วนความคาดเคลื่อน 0.05 ผลการคำนวณได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 385 คน

2. การสุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยคัดเลือกเฉพาะผู้บริโภคที่ซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ทั้งนี้มีการใช้คำถามคัดกรองเบื้องต้นเพื่อแยกผู้ตอบที่มีประสบการณ์ การซื้อผ่านแผลตฟอร์ม TikTok และนำผู้ที่ผ่านเกณฑ์มาเป็นกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 385 คน โดยการเก็บข้อมูลแบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Goole Form เผยแพร่ไปยังผู้บริโภคที่ซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok เพื่อ

$$n = \frac{P(P-1)Z^2}{e^2}$$

คัดเลือกเฉพาะผู้ที่มีประสบการณ์ในการซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok

สูตร

เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม (0.5)

Z คือ ระดับความมั่นใจที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 มีค่าเท่ากับ 1.96

e คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้เกิดขึ้นได้ (0.05)

$$n = \frac{0.5(1-0.5)(1.96)^2}{(0.05)^2}$$

แทนค่า

= 384.16 หรือ 385

ดังนั้น จำนวนตัวอย่างที่ใช้วิจัยครั้งนี้เท่ากับ 385 ตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถามแบบปิด (Closed-ended Questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นตามกรอบแนวคิดการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นคำถามปลายปิด เพื่อใช้จำแนกคุณลักษณะพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นจากกรอบแนวคิด UTAUT และตัวแปรด้านความไว้วางใจ (Trust) และส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคผ่านแพลตฟอร์ม TikTok โดยทุกส่วนของแบบสอบถามเป็นคำถามปลายปิดที่ใช้ระดับการวัดแบบช่วง (Interval Scale) ตามรูปแบบของลิเคิร์ท (Likert Scale) 5 ระดับ ได้แก่ 5 หมายถึง มากที่สุด 4 หมายถึง มาก 3 หมายถึง ปานกลาง 2 หมายถึง น้อย และ 1 หมายถึง น้อยที่สุด ก่อนนำแบบสอบถามฉบับจริงไปใช้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นในแต่ละตัวแปรอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยมีค่าในแต่ละด้านดังนี้ ด้านความคาดหวังในประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 0.910 ด้านความคาดหวังในการพยายามมีค่าเท่ากับ 0.914 ด้านอิทธิพลทางสังคมมีค่าเท่ากับ 0.932 ด้านสภาพสิ่ง

อำนวยความสะดวกมีค่าเท่ากับ 0.918 ด้านความไว้วางใจมีค่าเท่ากับ 0.930 และด้านการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคผ่าน TikTok มีค่าเท่ากับ 0.917 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ดีและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติ ดังนี้

1. สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้สำหรับอธิบายลักษณะทั่วไปของข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมแบบสอบถาม ดังนี้

ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพและรายได้เฉลี่ยต่อเดือน โดยนำเสนอในรูปของ ค่าความถี่ (Frequency) และ ร้อยละ (Percentage)

ข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรวิจัย โดยตัวแปรต้น ได้แก่ ค่าความคาดหวังในประสิทธิภาพ ความคาดหวังในการพยายาม อิทธิพลทางสังคม สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก ตัวแปรอิสระ คือ ความไว้วางใจ และตัวแปรตาม คือ การตัดสินใจซื้อโดยนำเสนอในรูปของ ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อแสดงระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อประเด็นต่าง ๆ

2. สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้สำหรับทดสอบสมมติฐานของการวิจัย เพื่อหาความสัมพันธ์และอิทธิพลระหว่างตัวแปร โดยใช้วิธีการ ดังนี้

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในทฤษฎี UTAUT กับความไว้วางใจ และระหว่างความไว้วางใจกับการตัดสินใจซื้อ

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยในทฤษฎี UTAUT ต่อความไว้วางใจ และอิทธิพลของความไว้วางใจต่อการตัดสินใจซื้อ

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยในทฤษฎี UTAUT ได้แก่ ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ความคาดหวังในความพยายาม อิทธิพลทางสังคม และสภาพสิ่งอำนวยความสะดวก กับปัจจัยความไว้วางใจ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคในไทยผ่านทาง TikTok

N=385

ปัจจัย	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล	ลำดับที่
1.ปัจจัยความคาดหวังในประสิทธิภาพ	4.67	0.516	มากที่สุด	2
2.ปัจจัยความคาดหวังในความพยายาม	4.67	0.533	มากที่สุด	3
3.ปัจจัยอิทธิพลทางสังคม	4.66	0.542	มากที่สุด	4
4.ปัจจัยสภาพสิ่งอำนวยความสะดวก	4.69	0.484	มากที่สุด	1
5.ปัจจัยความไว้วางใจ	4.64	0.529	มากที่สุด	5
ผลรวม	4.67	0.520		

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ TikTok ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริโภคต่อปัจจัยทั้งหมด มีผลรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.520) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าค่าที่มากที่สุดคือ ปัจจัยสภาพสิ่งอำนวยความสะดวก ($\bar{X}$ = 4.69,S.D. = 0.484) ตามลำดับ,ค่าที่มากคือ ปัจจัยความคาดหวังในประสิทธิภาพ ($\bar{X}$ = 4.67,S.D. = 0.516) ตามลำดับ,ค่าระดับกลาง คือ ปัจจัยความคาดหวังในความพยายาม ($\bar{X}$ = 4.67,S.D. = 0.533) ตามลำดับ,ค่าระดับน้อย คือ ปัจจัยอิทธิพลทางสังคม ($\bar{X}$ = 4.66, S.D. = 0.542) ตามลำดับ,ค่าระดับน้อยที่สุด คือ ปัจจัยความไว้วางใจ ($\bar{X}$ = 4.64, S.D. = 0.529) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง อิทธิพลของ TikTok ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

ตัวแปร	ค่าสถิติ	การตัดสินใจซื้อ	ความคาดหวังในประสิทธิภาพ	ความคาดหวังในความพยายาม	อิทธิพลทางสังคม	สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก	ความไว้วางใจ
การตัดสินใจซื้อ	Pearson Correlation	1					
ความคาดหวังในประสิทธิภาพ	Pearson Correlation	.811**	1				
ความคาดหวังในความพยายาม	Pearson Correlation	.784**	.872**	1			
อิทธิพลทางสังคม	Pearson Correlation	.817**	.826**	.829**	1		
สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก	Pearson Correlation	.831**	.834**	.875**	.870**	1	
ความไว้วางใจ	Pearson Correlation	.839**	.833**	.798**	.824**	.850**	1

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่าง ตัวแปรต้นที่ใช้ในการศึกษาการตัดสินใจซื้อผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ซึ่งตัวแปรต้น ได้แก่ ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ความคาดหวังในความพยายาม อิทธิพลทางสังคม สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก และความไว้วางใจ พบว่า ตัวแปรทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง .784 ถึง .875 แสดงให้เห็นว่าแต่ละตัวแปรมี ความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งสะท้อนว่าการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้ งานมีส่วนเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจซื้อผ่านแพลตฟอร์ม TikTok มาใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ การยอมรับการ เป็นไปตามเกณฑ์ระดับปานกลางถึงสูง ถึงสูงมาก (Glass & Hopkins, 1984: 80)

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคุณของทฤษฎีที่มีผลต่ออิทธิพลการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ของผู้บริโภคในไทย

ตัวแปร	B	Std. Error	β	t	multicollinearity Statistics		P–value
					Tolerance	VIF	
ค่าคงที่ (constant)	0.372	0.123		3.029			0.003**
ทฤษฎี UTAUT							
ความคาดหวังในประสิทธิภาพ	0.186	0.056	0.189	3.296	.180	5.550	0.001**
ความคาดหวังในความพยายาม	–0.005	0.057	–0.005	–0.088	.165	6.047	0.930
อิทธิพลทางสังคม	0.180	0.051	0.192	3.527	.199	5.013	0.000**
สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก	0.237	0.067	0.226	3.552	.146	6.841	0.000**
ความไว้วางใจ	0.322	0.050	0.335	6.414	.217	4.617	0.000**

*นัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

**นัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ อิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok พบว่าตัวแปรจากทฤษฎี UTAUT ได้แก่ ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ความคาดหวังในความพยายาม อิทธิพลทางสังคม สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก และตัวแปรความไว้วางใจ โดยมีความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง (R=0.881) โดยตัวแปรต่าง ๆ สามารถอธิบายการแปรปรวนของอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ได้ร้อยละ 77.6 (R^2= 0.776) ดังนั้น ผลการวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบของทฤษฎี UTAUT ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ยกเว้นตัวแปร ความคาดหวังในการพยายาม ซึ่งมีค่า Sig มากกว่า 0.05 ส่งผลให้ไม่สามารถสรุปได้ว่ามีความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างตัวแปรดังกล่าวกับการตัดสินใจซื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น นัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามจึงไม่ปรากฏในส่วนของความคาดหวังในการพยายาม ขณะที่ตัวแปรอื่นยังคงแสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนตามกรอบแนวคิดของการศึกษาดังตารางที่ 3 และสามารถเขียนสมการพยากรในรูปคะแนนดิบได้ดังนี้

$$\hat{Y}=0.372+0.186\,X_1-0.005\,X_2+0.180\,X_3+0.237\,X_4+0.3227\,X_5$$

คะแนนมาตรฐาน

$$\hat{Z}y=0.335+0.226+0.192+-0.005+0.189$$

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุ (Multicollinearity) ของตัวแปรอิสระในโมเดลถดถอยเชิงพหุที่ประกอบด้วยตัวแปร ความคาดหวังในประสิทธิภาพ,ความคาดหวังในความพยายาม,อิทธิพลทางสังคม,สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก และความไว้วางใจ พบว่า ตัวแปรทั้งห้าตัวมีค่า Tolerance อยู่ในช่วงระหว่าง .146 ถึง .217 และมีค่า VIF อยู่ในช่วงระหว่าง 4.617 ถึง 6.841 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระในโมเดลมีความสัมพันธ์กันในระดับหนึ่ง แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ในการวิเคราะห์ถดถอยพหุ

โดยค่า VIF ของตัวแปร ความคาดหวังในประสิทธิภาพ เท่ากับ 5.550 และค่า Tolerance เท่ากับ .180 ส่วนตัวแปร ความคาดหวังในความพยายาม มีค่า VIF เท่ากับ 6.047 และค่า Tolerance เท่ากับ .165 ขณะที่ตัวแปร อิทธิพลทางสังคม มีค่า VIF เท่ากับ 5.013 และค่า Tolerance เท่ากับ .199 สำหรับตัวแปร สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก มีค่า VIF สูงสุดในกลุ่ม คือ 6.841 และค่า Tolerance เท่ากับ .146 และสุดท้ายตัวแปร ความไว้วางใจ มีค่า VIF เท่ากับ 4.617 และค่า Tolerance เท่ากับ .217

จากผลดังกล่าวสรุปได้ว่า ค่า Tolerance ของตัวแปรทุกตัวมีค่ามากกว่า .10 และค่า VIF ไม่เกิน 10 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในงานวิจัยด้านสังคมศาสตร์ จึงสามารถสรุปได้ว่า โมเดลถดถอยพหุของการศึกษาครั้งนี้ ไม่มีปัญหาสหสัมพันธ์พหุ (Multicollinearity) ในระดับที่ส่งผลต่อความเชื่อถือของผลวิเคราะห์ และตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุต่อได้อย่างเหมาะสม

สรุปผลและอภิปรายผล

1. สรุปผลการวิจัย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยในทฤษฎี UTAUT ได้แก่ ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ความคาดหวังในความพยายาม อิทธิพลทางสังคม สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก รวมถึงปัจจัยความไว้วางใจ ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1.1 ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ผู้บริโภครับรู้ว่าการซื้อสินค้าบน TikTok ช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพ ความสะดวก และความรวดเร็วในการสั่งซื้อ ซึ่งสะท้อนจากค่าเฉลี่ยระดับมากที่สุด (4.67) และมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ (B = 0.186, p < .01)

1.2 ความคาดหวังในความพยายาม แม้ว่าผู้บริโภคจะรับรู้ว่าระบบการซื้อสินค้าบน TikTok ใช้งานง่าย (ค่าเฉลี่ย 4.67) แต่ผลการวิเคราะห์พบว่าไม่มีอิทธิพลเชิงนัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อ (p = .930)

1.3 อิทธิพลทางสังคม การรีวิวและคำแนะนำจากผู้อื่น รวมถึงอินฟลูเอนเซอร์ ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภค ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (4.66) และมีผลเชิงบวกต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ (B = 0.180, p < .01)

1.4 สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก เป็นตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (4.69) และมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ (B = 0.237, p < .01) แสดงถึงความสำคัญของความเสถียรของระบบความสะดวกด้านการชำระเงิน และความพร้อมของแพลตฟอร์มในการสนับสนุนการซื้อสินค้า

1.5 ความไว้วางใจ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการตัดสินใจซื้อ (ค่าเฉลี่ย 4.64; B = 0.322, p < .01) ซึ่งสะท้อนว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความปลอดภัย ความโปร่งใสของข้อมูล สินค้า และความน่าเชื่อถือของร้านค้า

1.6 การตัดสินใจซื้อ โมเดลสามารถอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อได้ถึง 77.6% (R^2 = 0.776) ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับสูงมาก แสดงว่าปัจจัยใน UTAUT ร่วมกับความไว้วางใจมีผลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญและสอดคล้องกันในภาพรวม

2. อภิปรายผล ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยส่วนใหญ่ในทฤษฎี UTAUT รวมถึงความไว้วางใจ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์ม TikTok โดยสามารถอภิปรายได้ดังนี้

2.1 ความคาดหวังในประสิทธิภาพ ผลการวิจัยที่พบว่าปัจจัยนี้มีอิทธิพลเชิงบวกสอดคล้องกับทฤษฎีของ Davis (1989) ที่ระบุว่า “การรับรู้ถึงประโยชน์” เป็นตัวกำหนดหลักของการยอมรับเทคโนโลยี และยังสอดคล้องกับ Alalwan (2020) ที่พบว่าแพลตฟอร์มที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพจะกระตุ้นความตั้งใจซื้อในระบบดิจิทัลได้ดี

2.2 ความคาดหวังในความพยายาม แม้ผู้ใช้จะรู้สึกว่าแพลตฟอร์มใช้งานง่าย แต่ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจ ซึ่งอาจเกิดจากธรรมชาติของ TikTok ที่ผู้บริโภคตัดสินใจจากเนื้อหาและรีวิว มากกว่าความง่ายของระบบ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับ Putri et al. (2023) ที่พบว่าปัจจัยด้านอารมณ์และ อิทธิพลสังคมใน TikTok สำคัญกว่าปัจจัยด้านความง่ายในการใช้งาน

2.3 อิทธิพลทางสังคม ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานของธัญพิชชา สวัสดิพาณิชย์ (2565) และ Putri et al. (2023) ที่ระบุว่าการรีวิวและคอนเทนต์จากอินฟลูเอนเซอร์มีผลต่อแรงจูงใจและเจตนาซื้ออยู่ในระดับสูง โดย TikTok เป็นแพลตฟอร์มที่ผู้บริโภคให้ความเชื่อถือในเนื้อหาที่ “เหมือนผู้ใช้จริง” มากกว่าโฆษณา

2.4 สภาพสิ่งอำนวยความสะดวก ผลการวิจัยที่ชี้ว่าสภาพแวดล้อมระบบมีผลสูงสอดคล้องกับ Herunata & Balqiah (2021) ที่อธิบายว่าความพร้อมของระบบ (เช่น ความเสถียร ความรวดเร็ว วิธีชำระเงิน) สามารถสร้างประสบการณ์เชิงบวก และนำไปสู่การตัดสินใจซื้อแบบฉับพลัน

2.5 ความไว้วางใจ ผลการวิจัยยืนยันว่าความไว้วางใจเป็นปัจจัยสำคัญสูงสุด สอดคล้องกับแนวคิดของ Luhmann (1979) ที่อธิบายว่าความไว้วางใจช่วยลดความเสี่ยงในการตัดสินใจ และสอดคล้องกับงานของ Rahmawati & Fitriani (2023) ที่พบว่าความเชื่อมั่นในแพลตฟอร์มโซเชียล คอมเมิร์ซ เช่น TikTok ส่งผลโดยตรงต่อเจตนาการซื้อในเชิงนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งถัดไป

1. ควรมีการศึกษาต่อโดยใช้วิธีการวิจัยเชิงลึก (Qualitative Research) หรือการวิจัยแบบผสม (Mixed Methods) เพื่อทำความเข้าใจแรงจูงใจและมุมมองของผู้บริโภคที่มีต่อปัจจัยในทฤษฎี UTAUT และความไว้วางใจอย่างลึกซึ้งมากขึ้น ซึ่งจะช่วยเสริมความสมบูรณ์ให้กับการวิเคราะห์ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย

2. ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อ เช่น ความรู้สึกไว้วางใจในแพลตฟอร์ม TikTok หรือปัจจัยด้านอารมณ์

3. งานวิจัยในอนาคตอาจเปรียบเทียบผลระหว่างแพลตฟอร์มต่าง ๆ เช่น TikTok, Instagram, YouTube เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง อิทธิพลของ TikTok ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ฉบับนี้เป็น ส่วนหนึ่งของรายวิชาการวิจัยตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยประจำปีการศึกษา 2567 ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วัลลภา พัฒนา ที่ให้คำปรึกษาและกำลังใจในการทำงานครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ตลอดจนการอนุเคราะห์ทุกประการให้กับคณะผู้วิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยทุกท่าน สำหรับการอำนวยความสะดวกในการ ติดต่อประสานงานจนการวิจัยครั้งนี้สามารถดำเนินงานสำเร็จเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

ธัญพิชชา สวัสดิ์พาณิชย์. (2565). อิทธิพลของการใช้ TikTok ต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าแฟชั่นของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. (สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, กรุงเทพฯ.

รพีพรรณ ศิริเวชสุนทร. (2567). อิทธิพลของคอนเทนต์รีวิวบน TikTok ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องสำอางของผู้บริโภควัยรุ่นในประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภาวดี พูลศิริ. (2564). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ของผู้บริโภคในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Alalwan, A. A. (2020). Mobile commerce adoption in developing countries: Exploring the differences between consumers and non-consumers. International Journal of Information Management, 50, 320–331. form https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.013

Amzscout. (2025). Thailand e-commerce statistics and market insights 2025. Retrieved October 23, 2025, from https://amzscout.net

DataReportal. (2025). Digital 2025: Global overview report. Retrieved October 23, 2025, from https://datareportal.com/reports/digital-2025-global-overview

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340. form https://doi.org/10.2307/249008

Glass, G. V., & Hopkins, K. D. (1984). Statistical methods in education and psychology (2nd ed.). Prentice-Hall.

Herunata, J., & Balqiah, T. E. (2021). Impulsive buying behavior analysis of e-commerce application: A perspective of the stimulus-organism-response model. In Proceedings of the EAI International Conference on E-Commerce. European Alliance for Innovation. from https://eudl.eu/pdf/10.4108/eai.27-7-2021.2316878

Kusumawati, A., & Rahayu, K. S. (2023). The influence of trust and perceived risk on purchase intention in social commerce: Evidence from TikTok users. Journal of Marketing and Consumer Research, 102, 15–27.

Luhmann, N. (1979). Trust and power. Chichester, England: John Wiley & Sons.

Putri, A. D., Nugroho, Y., & Hartono, S. (2023). Social influence and online purchase decisions on TikTok Shop users. International Journal of E-Commerce Studies, 11(2), 88–104.

Rahmawati, D., & Fitriani, S. (2023). Factors influencing consumer trust in TikTok-based online shopping in Indonesia. Asian Journal of Business Research, 13(1), 55–70.

TikTok.com. (2025). TikTok Shop: Safe and easy online shopping. Retrieved October 23, 2025, from https://www.tiktok.com/business

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly, 27(3), 425–478. form https://doi.org/10.2307/30036540

Zhou, T. (2011). Understanding online community user participation: A social influence perspective. Internet Research, 21(1), 67–81. form https://doi.org/10.1108/10662241111104884

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวในต่างประเทศของนักท่องเที่ยวชาวไทย

Factors influencing Thai tourists' decision to use artificial intelligence technology in planning overseas travel

ศลิดา สายสหัส[1] วัลลภา พัฒนา[1*] มาริสา หลีเฮะ[1] ปาริตา เซาะแม[1] ธีรดา โส๊ะนุ้ย[1] และ นวรัตน์ ผิวนวล[1]

Salida Saisahas[1], Wanlapa Phattana[1*], Marisa Liheh[1], Parita Sohmae[1], Teerada Sohnui[1] and Navarat Pewnual[1]

บทคัดย่อ

ในยุคที่เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เข้ามามีบทบาทสำคัญในการวางแผนการท่องเที่ยว เช่น ChatGPT, Trip Planner หรือระบบแนะนำการเดินทางอัจฉริยะ นักท่องเที่ยวชาวไทยเริ่มนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังขาดการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีดังกล่าวงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความสำคัญของการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ กลุ่มตัวอย่างคือนักท่องเที่ยวที่มีประสบการณ์วางแผนการเดินทางด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 385 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า ระดับความสำคัญของการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.20, S.D. = 0.742) ระดับความสำคัญของการยอมรับเทคโนโลยีอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าความเห็นเฉลี่ยสูงสุดในด้านการรับรู้ประโยชน์ ($\bar{X}$= 4.49, S.D. =0.667) รองลงมาคือการรับรู้ความง่ายต่อการใช้งาน ($\bar{X}$= 4.31, S.D. = 0.706) และทัศนคติ ($\bar{X}$= 4.28, S.D. = 0.701)ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า ทัศนคติเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ มากที่สุด (β =0.464, Sig. < 0.01) รองลงมาคือการรับรู้ความง่ายต่อการใช้งาน (β = 0.207, Sig. < 0.01) และการรับรู้ประโยชน์ (β = 0.129, Sig. < 0.01) โมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ได้ร้อยละ 65.5

คำสำคัญ: การรับรู้ประโยชน์, การรับรู้ความง่าย, ทัศนคติ, ตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

[1] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[2] Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

* Corresponding author : salida.s@rmutsvmail.com

Abstract

In an era where artificial intelligence technology plays a significant role in travel planning, such as ChatGPT, Trip Planner, or intelligent travel recommendation systems, Thai tourists are increasingly using these technologies. However, in-depth studies on the factors influencing the decision to use such technologies are lacking. This research aims to 1) study the importance of decision making in using artificial intelligence Artificial Intelligence technology and 2) study the factors affecting the decision making in using Artificial Intelligence technology. Data were collected from 385 tourists who had experience in planning travel with Artificial Intelligence technology. The sample was selected by purposive sampling and collected data by questionnaires. The data were analyzed by descriptive statistics and multiple regression. The results found that the importance of decision making in using Artificial Intelligence technology was at a high level ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.742). The level of technology acceptance importance on perceived usefulness was at the highest ($\bar{X}$= 4.49, S.D. = 0.667), perceived ease of use ($\bar{X}$= 4.31, S.D. = 0.706) and attitude ($\bar{X}$= 4.28, S.D. = 0.701). It also revealed that attitude was the highest influenced on Artificial Intelligence technology adoption decisions (β = 0.464, Sig. < 0.01), perceived ease of use (β = 0.207, Sig. < 0.01) and perceived usefulness (β = 0.129, Sig. < 0.01). The model explained 65.5% of the variance in Artificial Intelligence technology adoption decisions.

Keywords: Perceived usefulness, Perceived ease, Attitude, Decision to use artificial intelligence technology

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน และได้เปลี่ยนแปลงวิถีการใช้ชีวิตของมนุษย์ในหลายด้าน ทั้งนี้ในด้านการสื่อสาร การทำงาน หรือการเรียนรู้ เทคโนโลยีดิจิทัลได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้การใช้ชีวิตมีความสะดวกสบายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น Information Center for Digital Innovation (2024) โดยเฉพาะเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาให้เลียนแบบกระบวนทางความคิดและการเรียนรู้ของมนุษย์ รวมทั้งการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลการตัดสินใจตามข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดและโต้ตอบกับมนุษย์ได้อย่างเป็นธรรมชาติ (Business & Technology, 2025) และปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ได้ถูกนำมาใช้ในการวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวด้วยวิธีการป้อนคำสั่งก็ทำให้สามารถไปถึงจุดหมายปลายทางได้ Thairath Online (2024) สถิติการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการวางแผนและค้นหาข้อมูลการเดินทางท่องเที่ยวมี 66% ของนักเดินทางทั่วโลก และ 83% เป็นผู้เดินทางชาวไทย ในขณะที่อีก 54% ของนักเดินทางชาวไทยแสดงความสนใจและมีความตั้งใจลองใช้ปัญญาประดิษฐ์สำหรับวางแผนการเดินทาง ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการวางแผนการเดินทางได้รับการยอมรับเพิ่มมากขึ้น Prachachat Business (2024) เนื่องจากเป็นระบบที่นำข้อมูลไปวิเคราะห์ร่วมกับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่รวมเอาข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยว โรงแรม ร้านอาหาร การเดินทาง และสภาพอากาศ ปัญญาประดิษฐ์จะคัดเลือกตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด แล้วจัดเป็นแผนการเดินทางอย่างเป็นระบบครอบคลุมเส้นทาง ตารางเวลา และค่าใช้จ่าย Bharadwaj (2025) และสามารถปรับแผนการเดินทางแบบเรียลไทม์ได้เพื่อสนับสนุนผู้ใช้งานในการตัดสินใจและแนะนำแนวทางที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในเวลานั้น Nandwana (2025) อีกทั้งช่วยเลือกเส้นทางและกิจกรรมให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน ภายใต้คุณภาพของข้อมูล ตลอดจนประเด็นด้านจริยธรรมและความปลอดภัย Techasermwattanakul and Suwannatthachote (2024)

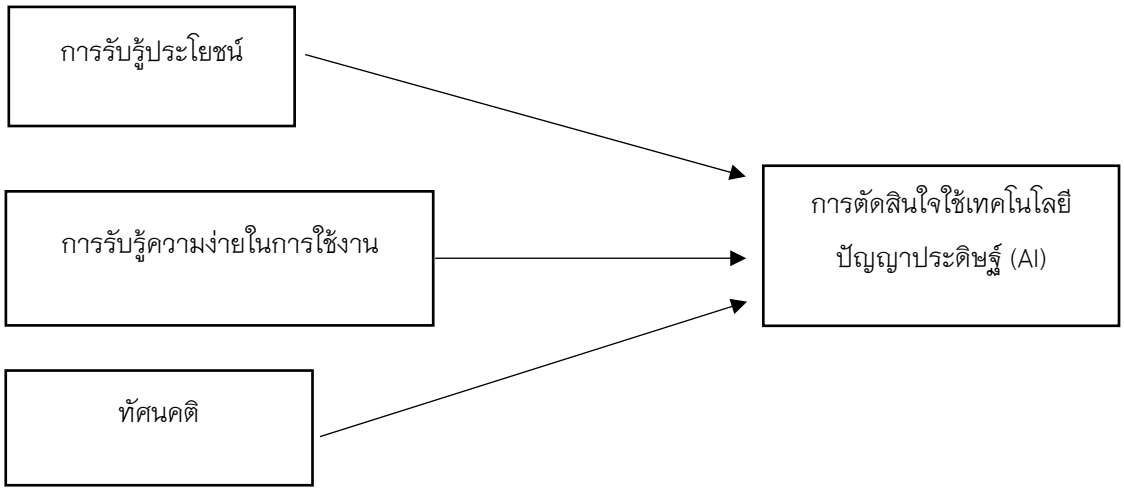
ในขณะเดียวกันการใช้งานของระบบมีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจในการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยชี้ให้เห็นว่าสามารถอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นกรอบแนวคิดที่เหมาะสมในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้งานในยุคปัจจุบัน Saweangsri (2023) โดยเฉพาะปัจจัยความง่ายในการใช้งานและปัจจัยด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน เป็นปัจจัยที่สนับสนุนในการยอมรับการใช้เทคโนโลยี Hua et., al. (2017)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจในการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีโดยมุ่งวิเคราะห์การรับรู้ประโยชน์ ความง่ายต่อการใช้งาน และทัศนคติ ทั้งนี้ การศึกษาดังกล่าวจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวชาวไทยในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ เป็นเครื่องมือวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวในต่างประเทศ พร้อมทั้งนำผลของการวิจัยไปเป็นแนวทางให้กับผู้พัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เพื่อพัฒนาและยกระดับการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ให้ตอบสนองต่อความต้องการของนักเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ AI
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ AI

กรอบแนวคิด



วิธีวิทยาการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักท่องเที่ยวชาวไทยที่ตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) วางแผนการเดินทางท่องเที่ยวในต่างประเทศ และกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักท่องเที่ยวชาวไทยที่ตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) วางแผนการเดินทางในต่างประเทศแต่ เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน จึงใช้วิธีการคำนวณหากลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ W.G.Cochran (1953) โดยกำหนดค่าสัดส่วนของประชากร 0.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และสัดส่วนความคาดเคลื่อน 0.05 ผลการคำนวณได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 385 คน

2. การสุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยคัดเลือกเฉพาะนักท่องเที่ยวชาวไทยที่มีประสบการณ์เดินทางท่องเที่ยวในต่างประเทศ ทั้งนี้มีการใช้คำถามคัดกรองเบื้องต้นเพื่อแยกผู้ตอบที่มีประสบการณ์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวใน

ต่างประเทศ และนำผู้ที่ผ่านเกณฑ์มาเป็นกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 385 คน โดยการเก็บข้อมูลแบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Form เผยแพร่ไปยังนักท่องเที่ยวชาวไทยที่มีประสบการณ์เดินทางท่องเที่ยวในต่างประเทศ เพื่อคัดเลือกเฉพาะผู้ที่มีประสบการณ์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการวางแผนการเดินทาง

สูตร

$$n = \frac{P(P-1)Z^2}{e^2}$$

เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม (0.5)

Z คือ ระดับความมั่นใจที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 มีค่าเท่ากับ 1.96

e คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (0.05)

แทนค่า

$$n = \frac{0.5(1-0.5)(1.96)^2}{(0.05)^2}$$

$$= 384.16 \text{ หรือ } 385$$

ดังนั้น จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 385 ตัวอย่าง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบถามที่สังเคราะห์จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบ เป็นคำถามแบบเลือกตอบตามตัวเลือกที่กำหนด (Check list) ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งประกอบไปด้วย การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ทัศนคติ โดยตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ AI และใช้เป็นตัวแปรต้น ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ AI แบบสอบถามส่วนที่ 2 และ ส่วนที่3 มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายปิด (Closed End Questionnaire) ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคอร์ท (Likert Scale) ชนิดประมาณค่าจากค่าที่น้อยที่สุดถึงค่ามากที่สุด แล้วนำไปตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นแบบสอบถามจะถูกทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ แอลฟาครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยแต่ละตัวแปร มีค่าความเชื่อมั่น ดังนี้ ด้านการรับรู้ประโยชน์ มีค่าเท่ากับ 0.889 ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 0.885 ด้านทัศนคติ มีค่าเท่ากับ 0.861 และการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีค่าเท่ากับ 0.813 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติ ดังนี้

4.1 สถิติเชิงพรรณนา ใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) สำหรับวิเคราะห์ลักษณะประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ส่วนค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับ การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ทัศนคติ และการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI)

4.2 สถิติเชิงอนุมาน ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multtiple Regression) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ได้แก่การรับรู้ประโยชน์, ความง่ายในการใช้งาน และทัศนคติ กับตัวแปรตามคือ การตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (β) เพื่อดูอิทธิพลของแต่ละตัวแปร ค่า Sig. เพื่อตรวจสอบความมีนัยสำคัญ และค่า R^2 เพื่อวัดความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปร

4.3 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านการรับรู้ประโยชน์ ความง่ายในการใช้งาน และทัศนคติ กับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI โดยค่าความสัมพันธ์ (r) แสดงระดับและทิศทางของความสัมพันธ์ พร้อมพิจารณาค่า Sig. เพื่อตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 385 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 240 คน คิดเป็นร้อยละ 61.5 ขณะที่เพศชายมีจำนวน 145 คน คิดเป็นร้อยละ 37.2 เมื่อพิจารณาด้านอายุ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 20–25 ปี จำนวน 260 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 รองลงมาคือกลุ่มอายุ 26–30 ปี จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 17.4 และกลุ่มอายุ 31–35 ปี จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 6.7 ส่วนกลุ่มอายุ 36–40 ปี และ 41–45 ปี มีจำนวนเพียง 29 คน (ร้อยละ 7.4) และ 2 คน (ร้อยละ 0.5) ตามลำดับ ในด้านระดับการศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 279 คน คิดเป็นร้อยละ 71.5 รองลงมาคือระดับต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 26.2 และมีเพียง 4 คน หรือร้อยละ 1.0 ที่จบการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี โดยสรุปกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุอยู่ในช่วงวัยหนุ่มสาวตอนต้น (20–25 ปี) และมีการศึกษาระดับปริญญาตรีเป็นหลัก

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของการยอมรับเทคโนโลยี

การยอมรับเทคโนโลยี	N = 385			
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ	อันดับ
ด้าน การรับรู้ประโยชน์	4.32	.461	5	2
ด้าน การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน	4.29	.589	5	1
ด้าน ทัศนคติ	4.29	.556	5	2
รวม	**4.30**	**.535**	**5**	**–**

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การยอมรับเทคโนโลยี ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 385 คน พบว่า โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.535 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีการยอมรับเทคโนโลยีในภาพรวมสูง โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$= 4.29, S.D. = 0.589) อยู่ในอันดับหนึ่ง สะท้อนให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าเทคโนโลยีมีความสะดวกและไม่ซับซ้อนในการใช้งาน รองลงมาคือด้านการรับรู้ประโยชน์ ($\bar{x}$= 4.32, S.D. = 0.461) และด้านทัศนคติ ($\bar{x}$= 4.29, S.D. = 0.556) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบตระหนักถึงคุณค่าของเทคโนโลยีและมีทัศนคติที่ดีต่อการนำมาใช้งาน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีการยอมรับเทคโนโลยีในระดับสูง โดยมีปัจจัยด้านความง่ายในการใช้งานเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด ซึ่งอยู่ในวัตถุประสงค์ (ข้อที่1) ศึกษาระดับความสำคัญของการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์การตัดสินใจใช้ (AI)

ตัวแปร	ค่าสถิติ	การตัดสินใจใช้((AI)	การรับรู้ประโยชน์	การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน	ทัศนคติ
การตัดสินใจใช้(AI)	Pearson Correlation	1			
		385			
การรับรู้ประโยชน์	Pearson Correlation	.571**	1		
การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน	Pearson Correlation	.672**	.690**	1	
ทัศนคติ	Pearson Correlation	.751**	.645**	.809**	1

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างตัวแปรต้นที่ใช้ในการศึกษาการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ซึ่งตัวแปรต้น ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และทัศนคติ พบว่า ตัวแปรทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง .571 ถึง .809 แสดงให้เห็นว่าแต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งสะท้อนว่าการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานมีส่วนเกี่ยวข้องกับทัศนคติของผู้ใช้ต่อการนำ AI มาใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่มีอิทธิพล เป็นไปตามเกณฑ์ระดับปานกลางถึงสูง Glass and Hopkins (1984)

ตารางที่ 3 การยอมรับเทคโนโลยี ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้AI

การตัดสินใจใช้(AI)	**Unstandardized Coefficients**		**Standardized Coefficients**		
	B	Std.Error	Beta	t	Sig
(ค่าคงที่)	.825	.180		4.577	.000**
การรับรู้ประโยชน์	.150	.057	.129	2.638	.009**
การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน	.189	.058	.207	3.263	.001**
ทัศนคติ	.449	.058	.464	7.733	.000**

R = 0.809 R square = 0.655 Adjusted R square = 0.645 SEE = 0.489

**นัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01

**นัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอิสระต่อการตัดสินใจใช้ AI พบว่า ตัวแปร การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และทัศนคติ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยตัวแปรที่ส่งผลมากที่สุด คือ ทัศนคติ รองลงมาคือ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และ การรับรู้ประโยชน์ ตามลำดับ ทั้งนี้ โมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจใช้ AI ได้คิดเป็นร้อยละ 65.5 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ทัศนคติและการรับรู้ของผู้บริโภคมีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจใช้ AI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นไม่สัมพันธ์กัน เพราะอยู่ในช่วง ตัวแปรอิสระไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้ AI เนื่องจากมี

ค่า Sig มากกว่า 0.05 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ทางสถิติได้ ส่งผลให้นัยสำคัญระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามไม่มีความสัมพันธ์กัน

คะแนนดิบ

$$Y = 0.825 + 0.150(x1) + 0.189(x2) + 0.449(x3)$$

คะแนนมาตรฐาน

$$Z = .129(x1) + .207(x2) + .464(x3)$$

สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของตัวแปรตามการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ผลการวิจัย พบว่า ด้านการรับรู้ประโยชน์อยู่ในระดับมาก โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับ Hamner and Qazi (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีในหน่วยงานภาครัฐของปากีสถานโดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานและการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน ซึ่ง ต่อเนื่องไปสู่เจตนาในการใช้งานและ การใช้งานระบบจริงในที่สุด มีการตัดสินใจใช้งานอยู่ในระดับมาก และ ยังสอดคล้องกับผลการศึกษา Kongarchapatara and Rodjanatara (2018) ศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในประเทศไทยในการใช้ QR Code เพื่อชำระเงิน โดยใช้ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี พร้อมเพิ่มปัจจัยด้านความน่าเชื่อถือและความสามารถของผู้ใช้ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดต่อการใช้คือ การรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งาน มีการตัดสินใจใช้งานอยู่ในระดับมาก

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ AI พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้ AI ทั้ง 3ด้าน ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ทัศนคติมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการตัดสินใจใช้ AI โดยผลการวิจัยสอดคล้อง กับผลการศึกษาของ Chopsin and Thaweepaiboonwong (2021) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ของพนักงานในบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ จังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) เป็นกรอบแนวคิด การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ โดยเก็บข้อมูลจากพนักงานจำนวน 242คน ผ่านแบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อ การรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน (Perceived Usefulness) และ ทัศนคติในการใช้งาน (Attitude toward Using) นอกจากนี้ การรับรู้ประโยชน์ยังส่งผลเชิงบวกต่อทัศนคติและการยอมรับการทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ ส่วนทัศนคติในการใช้งานมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการยอมรับการทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ และยังสอดคล้องกับ Poonpanich (2022) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและการยอมรับการใช้เทคโนโลยี AI Chatbot ในกลุ่มผู้ใช้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่กลุ่ม Baby Boomer โดยอ้างอิงจากแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านการรับรู้ถึงประโยชน์และความง่ายในการใช้งาน ความเข้ากันได้ของเทคโนโลยี ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล ทัศนคติต่อการ โฆษณา และอิทธิพลทาง สังคม มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อทัศนคติและการยอมรับการใช้ AI Chatbot

จากการสรุปผลและอภิปรายผล พบว่า ปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และทัศนคติ ล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ของผู้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) และผลการศึกษาในหลายบริบท งานวิจัยนี้จึงสะท้อนให้เห็นว่า เมื่อผู้ใช้งานรับรู้ว่าเทคโนโลยีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและใช้งานได้อย่างไม่ซับซ้อน จะนำไปสู่ทัศนคติที่ดีและ

เพิ่มความตั้งใจในการใช้งานจริงมากขึ้น ดังนั้น ปัจจัยทั้ง 3 ด้าน จึงเป็นตัวกำหนดสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับและการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI ของผู้ใช้งานในยุคปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

กลยุทธ์การตลาดด้วย AI โดยนำเสนอแพ็กเกจท่องเที่ยวแบบเฉพาะบุคคลผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น ใช้ AI วิเคราะห์ความสนใจ งบประมาณ ระยะเวลา และพฤติกรรมนักท่องเที่ยว เพื่อแนะนำเส้นทางหรือโปรแกรมการเดินทางที่เหมาะสมและตรงกับความต้องการ ช่วยให้นักท่องเที่ยวเห็นประโยชน์ของ AI ชัดเจน เกิดทัศนคติเชิงบวกต่อเทคโนโลยี และยังช่วยให้ผู้ประกอบการสร้างความแตกต่างทางการตลาดและเพิ่มยอดขายได้จริง

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้วิจัย

1.ผู้พัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในการออกแบบและปรับปรุงระบบหรือบริการให้สอดคล้องกับ การรับรู้ถึงประโยชน์ การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน และทัศนคติต่อการใช้งาน ทั้งนี้จะช่วยส่งเสริมให้ผู้บริโภคยอมรับและใช้งาน AI ได้มากขึ้น โดยเฉพาะในบริบทของการวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวต่างประเทศ

2.ผู้ประกอบการธุรกิจท่องเที่ยวควรนำผลการวิจัยไปใช้วางกลยุทธ์การตลาด โดยเน้นการสร้างทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้ AI ชูจุดเด่นด้านความง่ายในการใช้งาน ความเป็นประโยชน์ และความน่าเชื่อถือ เพื่อเสริมความมั่นใจของนักท่องเที่ยว กระตุ้นการยอมรับ และส่งผลดีต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการ

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาที่มุ่งเน้นการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ของนักท่องเที่ยวโดยเฉพาะ

2. ควรขยายการประยุกต์ใช้โมเดล Technology Acceptance Model (TAM) ให้สอดคล้องกับการใช้ AI ด้านการวางแผนการท่องเที่ยว (AI-based Travel Planning) เพื่อเพิ่มความจำเพาะทางบริบท

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลลภา พัฒนา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นวรัตน์ ผิวนวล ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางการดำเนินงาน ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

Bharadwaj, C. (2025). AI in travel and tourism – 10 benefits, use cases and examples. *Appinventiv*. https://appinventiv.com/blog/ai-in-travel/

Business & Technology. (2025). Understanding the Types of Artificial Intelligence and the Three Levels of AI Capability. *AIGEN*. https://aigencorp.com/what-is-ai/.

Chopsin, R., & Thaweepaiboonwong, J. (2021). Perceived ease-of-use, Perceived usefulness, Attitude and Acceptance of Working with Robot of Employees in an Automobile Spare Parts Manufacturer in Amata City Industrial Estate, Chon Buri Province. Journal of Management Science, *Ubon Ratchathani University,* 10(1), 36-50.

Cochran, W.G. (1953). Sampling Techniques. New York John Wiley & Sons. Inc.

Glass, Gene V., and Hopkins, Kenneth D. (1984) Statistical Methods in Education and Psychology. (21d ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall.

Hamner, M., & Qazi, R.–u.–R. (2009). Expanding the technology acceptance model to examine personal computing technology utilization in government agencies in developing countries. *Government Information Quarterly*, *26*(1), 128–136.

Hua, L. Y., Ramayah, T., Ping T. A., & Jun–Hwa, C. (2017). Social media as a tool to help select tourism destinations: the case of Malaysia. *Information Systems Management*, 34(3), 265–279.

Information Center for Digital Innovation. (2024). Using digital technology in daily life. Northeastern University. ehttps://infocenter.neu.ac.th/%e0%b8%81%e0%b8%b2%e0%b8%a3%e0%b9%83%e0%b8%8a%e0%b9%89%e0%b9%80%e0%b8%97%e0%b8%84%e0%b9%82%e0%b8%99%e0%b9%82%e0%b8%a5%e0%b8%a2%e0%b8%b5%e0%b8%94%e0%b8%b4%e0%b8%88%e0%b8%b4%e0%b8%97%e0%b8%b1%e0%b8%a5/.

Kongarchapatara, B., & Rodjanatara, C. (2018). Factors affecting adoption versus behavioral Intention to use QR code payment application [Paper presentation]. 2018 International Conference on e–Commerce, e–Administration, e–Society, e–Education, and e–Technology, Osaka, Japan.

Nandwana, J. (2025). Top 22 Use Cases of Generative AI in The Travel Industry. *Solguruz*. https://solguruz.com/blog/top–use–cases–of–generative–ai–in–travel–industry/

Poonpanich, N. (2022). Factors affecting baby boomers' attitudes towards the acceptance of mobile network providers' AI chatbot. [Master's thesis]. Thammasat University E–ThesiArchive. http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2022/TU_2022_6323030541_15366_22707.pdf.

Prachachat Business (2024). Booking.com reveals shifting travel trends as Thai travelers turn to AI for trip planning. https://www.prachachat.net/tourism/news–1703950.

Saweangsri, P. (2023). A Study of the Acceptance and Use of Artificial Intelligence Technology in the Educational System of High School Students. [Master's thesis]. *Mahidol University Archive*. https://archive.cm.mahidol.ac.th/bitstream/123456789/5299/1/TP%20BM.061%20256 6.pdf.

Techasermwattanakul, P., & Suwannatthachote, P. (2024). The application of generative AI in educational research: A systematic literature review. *Journal of Education and Innovation*, 27(1), 160–174. https://doi.org/10.71185/jeiejournals.v27i1.278408.

Thairath Online. (2024). 5 Pro Travel Planning Commands for ChatGPT to Be Your Trusted Companion in Trip Planning. https://www.thairath.co.th/lifestyle/life/2799292.

โครงสร้างเงินทุน ความสามารถในการทำกำไร และความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์

Capital structure, profitability and shareholder wealth: The stock exchange of Thailand

ณัฐินี พิทักษ์ตุ้ม[1*] ณัฏฐชัย อ่อนคง[1] จารุวรรณ เมืองเจริญ[1] และ ชบา ใบงาม[1]

Natthinee Pithaktum[1*], Nattachai On-khong[1], Jaruwan Muangcharoen[1] and Chaba Baingam[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนที่มีต่อความสามารถในการทำกำไร อิทธิพลของความสามารถในการทำกำไรที่มีผลต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น อิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นผ่านความสามารถในการทำกำไรของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่ได้รับผลกระทบสูงหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลทุติยภูมิของงบการเงินประจำปี (SET Smart) และแบบ 56-1 ปี พ.ศ. 2565 – 2567 จำนวน 95 บริษัท ศึกษาเป็นรายปี รวมทั้งสิ้น 285 ข้อมูล โดยใช้สถิติวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path Analysis) และสถิติการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าโครงสร้างเงินทุนมีอิทธิพลเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการทำกำไร ในขณะที่ความสามารถในการทำกำไรมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น ข้อค้นพบที่สำคัญคือความสามารถในการทำกำไรทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านที่สำคัญในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างเงินทุนและความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น ข้อสรุปนี้สนับสนุน ทฤษฎี Pecking Order Theory ในบริบทในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจหลังสถานการณ์ COVID ภาระหนี้ที่สูงมิได้ก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางภาษี แต่กลับบั่นทอนความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นโดยผ่านกลไกของการลดประสิทธิภาพการทำกำไร ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญสำหรับผู้บริหารการเงินในการบริหารจัดการระดับหนี้สินอย่างรอบคอบ

คำสำคัญ: โครงสร้างเงินทุน, ความสามารถในการทำกำไร, ความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น, ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

---

[1] คณะบริหารธุรกิจ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ กรุงเทพมหานคร 11120

[1] Faculty of Business Administration, Panyapiwat Institute of Management, Bangkok 11120

*Corresponding author : natthinee19@gmail.com

Abstract

This research aims to study the influence of capital structure on profitability, the influence of profitability on shareholder wealth, and the influence of capital structure on shareholder wealth through the influence of profitability of listed companies in the Stock Exchange of Thailand, which were significantly affected the COVID-19 pandemic. The data used in this study is secondary data from the annual financial statements (SET Smart) and Form 56-1 for the years 2022-2024, covering 95 companies quarterly, totaling 285 data points. Path analysis and structural equation modeling were used for statistics analysis. The results of the study show that capital structure has a significant negative influence on profitability, while profitability has a significant positive influence on shareholder wealth. The key finding is that profitability acts as an important mediating role in the relationship between capital structure and shareholder wealth. This result supports the Pecking Order Theory, indicating that during and after the COVID-19 crisis, firms relying heavily on debt financing did not gain tax-shield benefits as theoretically expected. Instead, increased debt obligations weakened profitability, which subsequently eroded shareholder wealth. These findings provide empirical evidence and strategic implications for financial managers, emphasizing the importance of prudent debt management and financing decisions—particularly in volatile economic conditions—to sustain profitability and enhance long-term shareholder wealth.

Keywords: Capital structure, Profitability, Shareholder wealth, The Stock Exchange of Thailand

บทนำ

ในโลกธุรกิจปัจจุบันที่เผชิญกับความไม่แน่นอนสูง (High Volatility) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังวิกฤตการณ์ครั้งใหญ่ การตัดสินใจและบริหารจัดการ โครงสร้างเงินทุน (Capital Structure: CS) ถือเป็นองค์ประกอบเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญยิ่งต่อการสร้างความมั่นคงทางการเงินและการเพิ่มมูลค่าสูงสุดให้แก่ผู้ถือหุ้น (Shareholder Wealth Maximization) (Jensen & Meckling, 1976) การตัดสินใจว่าจะบริหารหนี้สิน (Debt Financing) และส่วนของผู้ถือหุ้น (Equity Financing) ในสัดส่วนเท่าใดนั้น ไม่เพียงแต่ส่งผลต่อความเสี่ยงทางการเงิน (Financial Risk) เท่านั้น หากแต่ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนเงินทุน (Cost of Capital) และศักยภาพในการสร้างผลกำไรของกิจการอีกด้วย (Tak, 2023)

สถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID -19 นับเป็นบททดสอบครั้งใหญ่ของโครงสร้างทางการเงินของบริษัทในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยเฉพาะในกลุ่มธุรกิจที่ได้รับผลกระทบสูงจากสถานการณ์ COVID ยังได้รับผลกระทบโดยตรงจากการชะลอตัวของเศรษฐกิจอีกด้วย การหยุดชะงักของห่วงโซ่อุปทาน และการลดลงของอุปสงค์ในตลาด การรักษาสภาพคล่องจึงเป็นภารกิจสำคัญของผู้บริหาร ในช่วงวิกฤตนี้ บริษัทจำนวนมากต้องหันมาใช้หนี้สินระยะสั้นเพื่อรักษาสภาพคล่อง และประคับประคองกระแสเงินสด แม้จะเพิ่มความเสี่ยงทางการเงินแต่ก็เป็นเครื่องมือสำคัญในการรักษาการดำเนินธุรกิจให้รอดพ้นจากวิกฤติ และสภาพเศรษฐกิจที่ซบเซาตามมา (Phan et al., 2023) อย่างไรก็ตาม เมื่อรัฐบาลประกาศสถานการณ์ผ่อนคลายและเริ่มดำเนินนโยบายฟื้นฟูเศรษฐกิจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 จนถึง พ.ศ. 2567 โดยเฉพาะมาตรการส่งเสริมภาคการท่องเที่ยวและบริการนั้น กลุ่มกิจการบริการอาจเป็นกลุ่มแรกที่ได้รับประโยชน์สูงสุด แต่กลุ่มบริษัทจดทะเบียนที่ได้รับผลกระทบสูงอื่นๆ ซึ่งมีโครงสร้างต้นทุนและวัฏจักรการดำเนินงานที่แตกต่างจากภาคบริการอย่างมีสาระสำคัญ กลับเผชิญกับความท้าทายในการฟื้นตัวที่ซับซ้อนกว่า

ด้วยเหตุนี้ การทำความเข้าใจกลไกทางการเงินของบริษัทที่ได้รับผลกระทบสูง ยกเว้นกลุ่มกิจการบริการ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินประสิทธิภาพของนโยบายฟื้นฟูเศรษฐกิจในภาพรวม

ในมุมมองทางทฤษฎี โครงสร้างเงินทุน ความสามารถในการทำกำไร และความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นสามารถอธิบายได้จากหลายแนวคิดหลัก ได้แก่ ทฤษฎีตัวแทน (Agency Theory) ของ Jensen and Meckling (1976) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความขัดแย้งทางผลประโยชน์ระหว่างผู้บริหารและผู้ถือหุ้น อันอาจนำไปสู่การตัดสินใจทางการเงินที่ไม่สอดคล้องกับเป้าหมายของการสร้างความมั่งคั่งสูงสุดแก่ผู้ถือหุ้น อีกทั้ง ทฤษฎีสมดุลระหว่างประโยชน์ทางภาษีกับต้นทุนล้มละลาย (Bankruptcy Cost) หรือเรียกทฤษฎีทางเลือก (Trade-off Theory) ยังอธิบายว่า บริษัทควรมีระดับหนี้ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการประหยัดภาษีจากดอกเบี้ยแต่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงเกินควบคุม ขณะที่ทฤษฎีการจัดหาเงินทุนตามลำดับ (Pecking Order Theory) เสนอว่าผู้บริหารมักเลือกใช้เงินทุนภายในก่อนพิจารณาแหล่งทุนภายนอก เพื่อหลีกเลี่ยงการเปิดเผยข้อมูลและลดต้นทุนทางการเงิน ดังนั้นความสามารถในการทำกำไร (Profitability) ถือเป็นตัวแปรสำคัญที่สะท้อนประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรภายในในการสร้างผลกำไร โดยมักวัดผลด้วยอัตราผลตอบแทนสินทรัพย์ อัตราผลตอบแทนต่อส่วนของผู้ถือหุ้น อัตรากำไรขั้นต้น และอัตรากำไรสุทธิ ซึ่งเป็นดัชนีสำคัญที่นักลงทุนใช้ประเมินศักยภาพของบริษัท การวิจัยในระยะหลังพบว่า ความสามารถในการทำกำไรทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (Mediating) ระหว่างโครงสร้างเงินทุนและความมั่งคั่ง กล่าวคือ การเลือกใช้หนี้สินในระดับที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นให้เกิดการใช้สินทรัพย์อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผลกำไรและมูลค่าหุ้นของบริษัทเพิ่มขึ้นในระยะยาว (Rasool et al., 2022; Tak, 2023)

สำหรับประเทศไทย ตลาดทุนเป็นแหล่งระดมทุนสำคัญของบริษัท โดยในช่วงปี พ.ศ. 2563–2565 ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้บริษัทสามารถปรับโครงสร้างหนี้และเข้าถึงแหล่งเงินทุนได้แม้ในภาวะเศรษฐกิจซบเซา (ณัฐินี พิทักษ์ตุ้มและคณะ, 2568) การศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างโครงสร้างเงินทุน ความสามารถในการทำกำไร และการสร้างความมั่งคั่งแก่ผู้ถือหุ้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำความเข้าใจ “เส้นทางอิทธิพลทางการเงิน” ของบริษัทที่ได้รับผลกระทบสูง ซึ่งเป็นกลไกหลักในการฟื้นฟูเศรษฐกิจหลังวิกฤติ สร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านกลไกทางการเงินเชิงกลยุทธ์ สนับสนุนการกำหนดนโยบายของภาครัฐในการส่งเสริมเสถียรภาพทางการเงิน และเป็นแนวทางให้ผู้บริหารภาคเอกชนใช้ในการกำหนดระดับหนี้สินและกลยุทธ์การเพิ่มความมั่งคั่งแก่ผู้ถือหุ้นในอนาคต

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนที่มีต่อความสามารถในการทำกำไร
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของความสามารถในการทำกำไรที่มีผลต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น
3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นผ่านความสามารถในการทำกำไรของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยหลังได้รับผลกระทบสูงจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19

กรอบแนวคิดและสมมติฐาน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างตัวแปรแฝงสามตัวหลัก อันได้แก่ โครงสร้างเงินทุน (Capital Structure) ความสามารถในการทำกำไร (Profitability) และความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น (Shareholder Wealth) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจกลไกการส่งผ่านอิทธิพล (Mediation Mechanism) ของ

ความสามารถในการทำกำไรจากโครงสร้างเงินทุนไปสู่ความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น ซึ่งการพัฒนาสมมติฐานหลัก (Hypotheses) เป็นไปตามทฤษฎีและผลการวิจัยเชิงประจักษ์ที่สำคัญ ดังนี้

1. อิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนที่มีต่อความสามารถในการทำกำไร

การตัดสินใจด้านโครงสร้างเงินทุน โดยเฉพาะการเลือกใช้หนี้สินในการดำเนินงาน ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนทางการเงินของบริษัท (financial cost) ตามหลักการของทฤษฎีลำดับขั้นของการจัดหาเงินทุน (Pecking Order Theory) แม้ว่าหนี้สินจะเป็นแหล่งเงินทุนที่บริษัทมักเลือกใช้ในลำดับต้น ๆ รองจากเงินทุนภายใน แต่การพึ่งพาหนี้สินในระดับสูงอาจก่อให้เกิดภาระดอกเบี้ยและต้นทุนทางการเงินที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดำเนินงานของกิจการลดลง (Myers, 1984; Myers & Majluf, 1984; Phan et al., 2023) โดยเฉพาะในสภาวะเศรษฐกิจที่มีความผันผวนสูง ภาระหนี้สินดังกล่าวยิ่งเพิ่มความเสี่ยงทางการเงินและบั่นทอนความสามารถในการทำกำไรของกิจการอย่างมีนัยสำคัญ (Tak, 2023) หลักฐานเชิงประจักษ์จากภูมิภาคเอเชียยังสนับสนุนแนวคิดดังกล่าว โดยพบว่าระดับหนี้สินที่สูงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความสามารถในการทำกำไรของบริษัทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Ali & Chen, 2022) จากเหตุผลเชิงทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงตั้งสมมติฐานว่า

H1: โครงสร้างเงินทุนมีอิทธิพลเชิงลบต่อความสามารถในการทำกำไรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. อิทธิพลของความสามารถในการทำกำไรที่มีต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น

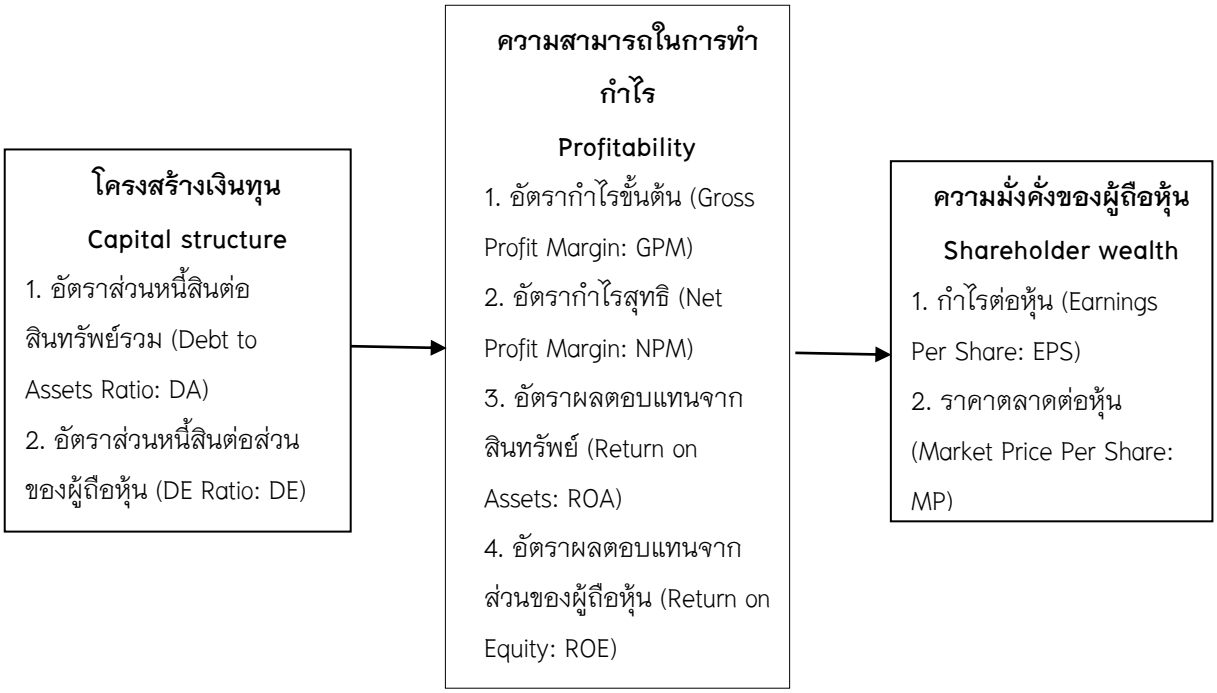
แนวคิดการสร้างความมั่งคั่งสูงสุดแก่ผู้ถือหุ้น (shareholder wealth maximization) มองว่ามูลค่าและผลประโยชน์ของผู้ถือหุ้นสะท้อนผ่านผลตอบแทนและการประเมินมูลค่าหลักทรัพย์ในตลาดทุน ขณะเดียวกันทฤษฎีการส่งสัญญาณ (Signaling Theory) อธิบายว่ากำไรของกิจการเป็นข้อมูลสำคัญที่นักลงทุนใช้ในการประเมินคุณค่าของกิจการ ซึ่งส่งผลต่อความเชื่อมั่นและการกำหนดราคาหุ้น (Ross, 1977) เมื่อกิจการมีความสามารถในการทำกำไรสูง ย่อมเพิ่มศักยภาพในการสร้างกระแสเงินสด การจ่ายผลตอบแทนแก่ผู้ถือหุ้น และโอกาสการเติบโตในระยะยาว ซึ่งโดยกลไกจะส่งผลให้ความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่า ความสามารถในการทำกำไรของบริษัทมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการเพิ่มความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับมุมมองที่ว่ากำไรเป็นกลไกหลักที่เชื่อมผลการดำเนินงานของบริษัทเข้ากับผลประโยชน์ของผู้ถือหุ้น (Owusu และ Agyemang, 2023)

H2: ความสามารถในการทำกำไรมีอิทธพลเชิงบวกต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. อิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนที่มีต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นผ่านความสามารถในการทำกำไร

การศึกษาเชิงประจักษ์จำนวนมากชี้ให้เห็นว่าโครงสร้างเงินทุนอาจไม่ได้ส่งผลต่อมูลค่ากิจการหรือความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นโดยตรงเสมอไป หากแต่ผลกระทบดังกล่าวอาจถ่ายทอดผ่านผลการดำเนินงานทางการเงิน โดยเฉพาะความสามารถในการทำกำไร (Nguyen & Duong, 2022) แม้งานวิจัยบางส่วนจะเสนอว่าความสามารถในการทำกำไรมีบทบาทในฐานะตัวแปรกำกับ (Moderating variable) ในความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างเงินทุน มูลค่ากิจการ (Sattar et al., 2022) แต่จากการทบทวนวรรณกรรรมพบว่า การมีระดับหนี้สูงมีแนวโน้มลดทอนความสามารถในการทำกำไรของบริษัทลง (Ali & Chen, 2022) ขณะเดียวกัน ความสามารถในการทำกำไรที่ลดลงย่อส่งผลต่อการรับรู้ของนักลงทุนเกี่ยวกับมูลค่ากิจการ และนำไปสู่การลดลงของความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นในลำดับถัดไป (Owusu & Agyemang, 2023; Tak, 2023)

H3: โครงสร้างเงินทุนมีอิทธิพลเชิงลบต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นผ่านความสามารถในการทำกำไรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานการเงินประจำปี (SET Smart) และแบบ 56–1 ของประชากรซึ่งเป็นบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย จำนวน 628 บริษัท (The Securities Exchange of Thailand, 2024) พ.ศ. 2565 – 2567 หลังได้รับผลกระทบสูงจากสถานการณ์ COVID ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงในกลุ่มธุรกิจที่ได้รับผลกระทบโดยตรงในระดับสูงจากสถานการณ์ COVID ได้แก่ หมวดธุรกิจปิโตรเลียม อสังหาริมทรัพย์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ธนาคาร และกลุ่มธุรกิจบริการ (Stock Exchange of Thailand, 2021) จำนวนทั้งสิ้น 351 (Stock Exchange of Thailand, 2024) โดยตัดบริษัทที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์ บริษัทที่มีผลการดำเนินงานไม่ต่อเนื่องติดต่อกัน กลุ่มกิจการธนาคาร กองทุนรวมอสังหาริมทรัพย์และกองทรัสต์เพื่อการลงทุนในอสังหาริมทรัพย์ และธุรกิจบริการออก เนื่องจากโครงสร้างบริษัท ต้นทุน การดำเนินงานแตกต่างอย่างมีสาระสำคัญ อุตสาหกรรมที่แตกต่างกันมีระดับการจัดการกำไรต่างกัน (Ujah & Brusa, 2014) คงเหลือจำนวน 95 บริษัท ศึกษาเป็นรายปี รวมทั้งสิ้น 285 ข้อมูลโดยใช้สถิติวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path Analysis) และสถิติการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Maximum Likelihood (ML) เพื่ออธิบายอิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นผ่านความสามารถในการทำกำไรของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยหลังได้รับผลกระทบสูงจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID–19

ผลการศึกษา

การนำเสนอผลการศึกษาตามลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ได้แก่ การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดล และผลการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล

1. การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลสมการโครงสร้าง

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้างกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Model Fit Assessment) ผลการวิเคราะห์พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก (Excellent Fit) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดล

ดัชนีชี้วัด (Index)	เกณฑ์มาตรฐาน (Criteria)	ผลการวิจัย (Result)	การแปลผล (Interpretation)
CMIN–p (Chi–square Probability Level)	p > 0.05	0.060	กลมกลืนพอดี
Chi–square/df (CMIN/df)	< 3.00–5.00	2.318	กลมกลืนดีมาก
CFI (Comparative Fit Index)	> 0.95	0.994	กลมกลืนดีมาก
GFI (Goodness–of–Fit Index)	> 0.95	0.985	กลมกลืนดีมาก
AGFI (Adjusted Goodness–of–Fit Index)	> 0.90	0.957	กลมกลืนพอดี
NFI (Normed Fit Index)	> 0.90	0.980	กลมกลืนพอดี
TLI (Tucker–Lewis Index)	> 0.95	0.992	กลมกลืนดีมาก
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	< 0.05	0.038	กลมกลืนดีมาก
SRMR (Standardized Root Mean Residual)	< 0.08	0.037	กลมกลืนดีมาก

ที่มา: Hair et al., 2017; Hu and Bentler, 1999; Kline, 2015 and Schumacher and Lomax, 2016

ผลการตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องของโมเดล (Model Fit Indices) แสดงให้เห็นว่าโมเดลโครงสร้างสมการมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path Analysis) ภายหลังจากยืนยันความสอดคล้องของโมเดลแล้ว ผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path Analysis) เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

2. ผลการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพลเพื่อทดสอบสมมติฐานหลักของงานวิจัย

ภายหลังจากยืนยันความสอดคล้องของโมเดลแล้ว ผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path Analysis) เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยสรุปได้ดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Standardized Path Coefficients)

สมมติฐาน	เส้นทางความสัมพันธ์ (Path)	ค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (Std. Estimate)	S.E.	C.R. (t-value)	P-value	ผลการทดสอบ
H1	โครงสร้างเงินทุนส่งผลต่อความสามารถในการทำกำไร (Profitability <--- CS)	-0.863	1.566	-7.347	0.001***	มีนัยสำคัญ (เชิงลบ)
H2	ความสามารถในการทำกำไรส่งผลต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น (SW <--- Profitability)	0.217	0.111	2.589	0.010**	มีนัยสำคัญ (เชิงบวก)
H3	อิทธิพลทางอ้อมของโครงสร้างเงินทุนต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นผ่านความสามารถในการทำกำไร (SW <--- Profitability <--- CS)	-0.187	0.081	2.311	0.021**	มีนัยสำคัญ (เชิงลบ)

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.1 อิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนที่มีต่อความสามารถในการทำกำไร

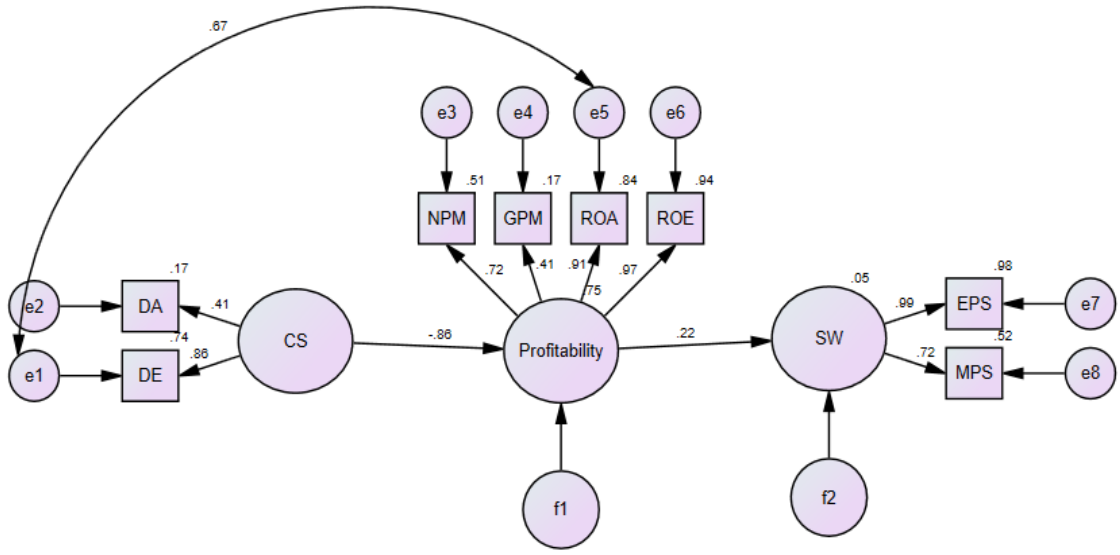
ผลการศึกษาพบว่าโครงสร้างเงินทุน (CS) มีอิทธิพลทางลบอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการทำกำไร ค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐานเท่ากับ -0.863 (Sig. < 0.001) หมายความว่า การก่อหนี้เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการทำกำไรของบริษัทลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการจัดหาเงินทุนตามลำดับ (Pecking Order Theory) (Myers & Majluf, 1984) ที่บริษัทที่มีกำไรสูงมักจะใช้เงินทุนภายในก่อนการก่อหนี้

2.2 อิทธิพลของความสามารถในการทำกำไรต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น

ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการทำกำไรมีอิทธิพลทางบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น ค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐานเท่ากับ 0.217 (Sig. = 0.01) แสดงว่า เมื่อบริษัทมีความสามารถในการทำกำไรเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นสะท้อนผ่าน EPS และ MPS ที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับหลักการบริหารการเงินจากเป้าหมายในการดำเนินธุรกิจเพื่อสร้างความมั่งคั่งสูงสุดต่อผู้ถือหุ้น

2.3 อิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นผ่านความสามารถในการทำกำไร

จากการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพลโดยอ้อมพบว่า โครงสร้างเงินทุนส่งผลกระทบทางลบต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นโดยผ่านความสามารถในการทำกำไรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลทางตรง ทางอ้อม และอิทธิพลรวมของตัวแบบ (Direct Effect, Indirect Effect and Total Effect)

ตัวแปรตาม	Profitability			Shareholder Wealth		
ตัวแปรสาเหตุ	DE	IE	TE	DE	IE	TE
Capital Structure	.863*	–	–.863	–	–.187	–.187
Profitability	–	–	–	.217**	–	.217
R–Square: R^2		.374			.488	

***มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างเงินทุนมีอิทธิพลทางลบอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการทำกำไรโดยตรง และส่งผลต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นในลักษณะอิทธิพลทางอ้อมผ่านความสามารถในการทำกำไร ขณะที่ความสามารถในการทำกำไรมีอิทธิพลทางบวกโดยตรงต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการทำกำไรทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านที่สำคัญในโมเดลสมการโครงสร้างนี้ โดยตัวแปรความสามารถในการทำกำไรมีอิทธิพลต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นสูงสุด และรองลงมาเป็นโครงสร้างเงินทุน นอกจากนี้โครงสร้างเงินทุน และความสามารถในการทำกำไรสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นได้ร้อยละ 48.80 ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ตัวแบบมีอำนาจในการอธิบายอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างมาก ซึ่งถือว่าเหมาะสมสำหรับงานวิจัยในตลาดทุน และการเงิน เนื่องจากการเผชิญกับความผันผวนของพฤติกรรมตลาดและไม่จำเป็นต้องมีค่า R^2 สูงมาก (Gujarati and Porter, 2009; Hair et al., 2017)

สรุปผลและอธิปรายผล

อภิปรายผลการวิจัยตามสมมติฐานข้อที่ 1 การศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนต่อความสามารถในการทำกำไร การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าในบริบทของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย การพึ่งพาแหล่งเงินทุนภายนอกผ่านหนี้สิน (Leverage) ก่อให้เกิดต้นทุนทางการเงิน (Interest Expense) และความเสี่ยงทางการเงินที่สูง (Financial Risk) ซึ่งกระทบกำไร (Profitability) ของกิจการเป็นอย่างมาก (Ali & Chen, 2022) สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาในช่วงที่ตลาดมีความผันผวนสูง (Rasool et al., 2022; Phan et al., 2023) โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงปี พ.ศ. 2563–2565 ผลการศึกษานี้แย้งกับแนวคิดดั้งเดิมของทฤษฎีทางเลือก (Trade-off Theory) ที่เชื่อว่าผลประโยชน์ทางภาษี (Tax Shield) จะช่วยชดเชยต้นทุนจากหนี้สินได้ โดยพบว่าภาระดอกเบี้ยจ่ายที่เพิ่มขึ้นนั้นมากกว่าผลประโยชน์ทางภาษีในกลุ่มตัวอย่างนี้

อภิปรายผลการวิจัยตามสมมติฐานข้อที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของความสามารถในการทำกำไรต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น ผลการวิจัยนี้ยืนยันบทบาทของกำไรในการเป็นสัญญาณเชิงบวก (Positive Signal) ต่อตลาดทุน โดยความสามารถในการสร้างผลตอบแทนที่สูง (ROE และ ROA สูง) เป็นการส่งสัญญาณถึงคุณภาพของการบริหารจัดการที่ยอดเยี่ยมและมีศักยภาพสูงในการสร้างกระแสเงินสดและเงินปันผลในอนาคต (Ross, 1977) นักลงทุนจึงพร้อมที่จะจ่ายมูลค่าตลาดต่อหุ้น (MPS) ที่สูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความมั่งคั่งต่อผู้ถือหุ้นเพิ่มขึ้นด้วย ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยเชิงประจักษ์ในตลาดอาเซียนที่พบว่า ความสามารถในการทำกำไรเป็นตัวขับเคลื่อนมูลค่ากิจการ (Boenyamin & Santioso, 2023; Tak, 2023; Owusu & Agyemang, 2023)

อภิปรายผลการวิจัยตามสมมติฐานข้อที่ 3 การศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างเงินทุนต่อความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นผ่านความสามารถในการทำกำไร ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานของ Nguyen และ Duong (2022) ที่พบว่าบริษัทในตลาดมีความอ่อนไหวต่อโครงสร้างทางการเงินและคุณภาพของผลการดำเนินงานซึ่งส่งผลต่อมูลค่าของกิจการและผลประโยชน์ของผู้ถือหุ้น การค้นพบนี้เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สำคัญ เนื่องจากเป็นการกำหนดกลไก (Mechanism) ที่โครงสร้างเงินทุนส่งผลกระทบต่อตลาดทุนอย่างชัดเจน กล่าวคือ โครงสร้างเงินทุนที่สูง (หนี้สินมาก) นำไปสู่กำไรที่ลดลงก่อน และการลดลงของกำไรนี้ เป็นปัจจัยโดยตรงที่ฉุดรั้งความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น ดังนั้น การบริหารจัดการเพื่อก่อให้เกิดความสามารถในการทำกำไรจึงเป็นกลไกสำคัญ ที่จะช่วยลดผลกระทบเชิงลบจากภาระหนี้สินในสถานการณ์ความไม่แน่นอนทางเศรษฐกิจ

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

องค์ความรู้ใหม่ที่ค้นพบจากบริบทของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) ดังนี้

1. ข้อค้นพบขัดแย้งกับทฤษฎีผลประโยชน์ทางภาษีจากดอกเบี้ยในภาวะวิกฤต (Rejection of Trade-off Theory Benefit) ข้อค้นพบเดิมเชื่อว่า "การก่อหนี้ช่วยสร้างมูลค่ากิจการ" ผ่านผลประโยชน์ทางภาษี (Tax Shield) แต่ผลการศึกษานี้เก็บข้อมูลในช่วงที่มีความผันผวนทางเศรษฐกิจหลังสถานการณ์ COVID ซึ่งชี้ให้เห็นความจริงใหม่ในบริบทใหม่ว่า "โครงสร้างเงินทุนจากหนี้สูงเป็นภาระมากกว่าตัวช่วย" กล่าวคือ เส้นทางอิทธิพลจากโครงสร้างเงินทุน (CS) ที่ส่งผลไปยังความสามารถในการทำกำไร (Profitability) มีค่าเป็นลบสูง (beta = −0.863) แสดงให้เห็นว่าภาระดอกเบี้ยจ่ายและความเสี่ยงทางการเงินลดทอนผลกำไรสุทธิของบริษัทอย่างมากจนสูงกว่าผลประโยชน์ทางภาษีของบริษัท

2. บทบาทสำคัญของความสามารถในการทำกำไร (The Crucial Mediating Role of Profitability) ข้อค้นพบสำคัญที่สุดคือ ความสามารถในการทำกำไรนั้นทำหน้าที่เป็น "ตัวแปรส่งผ่านอย่างสมบูรณ์" (Full or Key Mediator) โครงสร้างเงินทุนไม่ได้ลดทอนความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นโดยตรงในทันที แต่จะถ่ายทอดผ่านกลไกของการ "ลดทอน

ความสามารถในการทำกำไร" ก่อน เมื่อกำไรลดลง (ROE, ROA ต่ำลง) ตลาดทุนจึงจะตอบสนองด้วยมูลค่าหุ้นในตลาด (Wealth) ที่ต่ำลง (beta = 0.217)

3. การยืนยันพฤติกรรม Pecking Order ในตลาดเกิดใหม่ (Confirmation of Pecking Order in Emerging Market) โมเดลนี้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ใหม่ที่ยืนยันว่า บริษัทในตลาดหลักทรัพย์ไทยมีพฤติกรรมสอดคล้องกับ Pecking Order Theory อย่างชัดเจน คือบริษัทที่มีผลประกอบการดี (High Profitability) จะหลีกเลี่ยงการก่อหนี้ ทำให้มีระดับหนี้สินต่ำ ในขณะที่บริษัทที่มีผลประกอบการแย่จำเป็นต้องกู้ยืมสูง ซึ่งท้ายที่สุดแล้ว บริษัทที่มี "หนี้ต่ำ–กำไรสูง" คือกลุ่มที่สร้างความมั่งคั่งสูงสุดให้กับผู้ถือหุ้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่าองค์ความรู้ใหม่นี้ชี้แนะผู้บริหารการเงินว่า "Profitability is King, Leverage is a Burden" (กำไรคือหัวใจ หนี้สินคือภาระ) การสร้างความมั่งคั่งสูงสุดให้ผู้ถือหุ้น ไม่ได้มาจากการบริหารโครงสร้างเงินทุนเพื่อหวังผลทางภาษี แต่มาจากการบริหารจัดการเพื่อลดภาระหนี้และเพิ่มประสิทธิภาพการทำกำไรให้สูงที่สุดนั่นเอง

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยเสนอแนะต่อผู้บริหารทางการเงินของบริษัทในตลาดทุนว่าการแสวงหาผลประโยชน์ทางภาษีจากการก่อหนี้อาจไม่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับความเสี่ยงทางการเงินที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะในสภาวะเศรษฐกิจที่มีความเปราะบาง การรักษาโครงสร้างเงินทุนที่ยืดหยุ่นและเน้นการสร้างกำไรสูงสุดจึงเป็นกลยุทธ์ที่ยั่งยืนกว่าในการเพิ่มความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้น

สำหรับงานวิจัยในอนาคต ควรพิจารณาการขยายขอบเขตการศึกษาโดยการเพิ่มตัวแปรควบคุม (Control Variables) อาทิ ขนาดของกิจการ (Firm Size) หรือ สภาพคล่องทางการเงิน (Liquidity) หรือ การบริหารเงินทุนหมุนเวียนเพื่อตรวจสอบบทบาทตัวแปรคั่นกลาง (Moderating) ที่อาจช่วยลดความเสี่ยงทางการเงินจากหนี้สินได้ (Vithessonthi & Tongurai, 2015)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนทุนทรัพยากรทางวิชาการจาก คณะบริหารธุรกิจ การจัดการปัญญาภิวัฒน์ ซึ่งเล็งเห็นถึงความสำคัญของการสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางด้านการบัญชี การเงินและการลงทุน คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ และขอขอบคุณตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) สำหรับฐานข้อมูล SETSMART ที่เอื้ออำนวยข้อมูลทางการเงินที่สำคัญในการศึกษานี้ ท้ายที่สุด คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารการเงิน นักลงทุน และนักวิชาการ ในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างความมั่งคั่งยั่งยืนให้แก่ภาคธุรกิจและตลาดทุนไทยสืบไป

เอกสารอ้างอิง

ณัฐินี พิทักษ์ตุ้ม, พัทธนันท์ เพชรเชิดชู, ศิริเดช คำสุพรหม, และ เปรมารัช วิลาลัย. (2568). ภาระหนี้ การจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้าง การจัดการกำไรผ่านรายการธุรกิจ และผลการดำเนินงาน บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. วารสารรัชต์ภาคย์, 19(62), 308–323.

Ali, S., & Chen, J. (2022). The impact of leverage on firm profitability: Evidence from the Asian service industry. *Asia-Pacific Journal of Business Economics*, 14(3), 210–225. https://doi.org/10.1080/23279510.2022.2043105

Boenyamin, A. W., & Santioso, L. (2023). The effect of profitability, capital structure, firm size, and asset growth on firm value. *International Journal of Application on Economics and Business*, 1(3), 1097–1107. https://doi.org/10.24912/ijaeb.v1.i3.1097-1107

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2017). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (2nd ed.). SAGE Publications.

Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1–55.

Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4), 305–360. https://doi.org/10.1016/0304-405X(76)90026-X

Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). Guilford Press.

Myers, S. C. (1984). The capital structure puzzle. *Journal of Finance*, 39(3), 575–592. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1984.tb03646.x

Myers, S. C., & Majluf, N. S. (1984). Corporate financing and investment decisions when firms have information that investors do not have. *Journal of Financial Economics*, 13(2), 187–221. https://doi.org/10.1016/0304-405X(84)90023-0

Nguyen, A. H., & Duong, C. T. (2022). Earnings management and accounting performance of new firms listings: Evidence from the Vietnamese stock market. *Cogent Business & Management*, 9(1), Article 2060163. https://doi.org/10.1080/23311975.2022.2060163

Phan, H. V., Nguyen, T. D., & Vo, X. V. (2023). COVID-19, capital structure, and firm performance: Evidence from emerging Asian markets. *Finance Research Letters*, 55, 103819. https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103819

Rasool, F., Ali, R., & Khan, T. (2022). Leverage, profitability and firm value nexus: Evidence from post-COVID emerging markets. *Journal of Economic Studies*, 49(6), 1081–1100. https://doi.org/10.1108/JES-03- 2022-0152

Ross, S. A. (1977). The determination of financial structure: The incentive-signalling approach. *The Bell Journal of Economics,* 8(1), 23–40.

Owusu, E., & Agyemang, J. (2023*). Profitability and shareholder wealth maximization: Evidence from listed service firms in Sub-Saharan Africa*. Journal of Financial Reporting and Accounting, 21(1), 45–63. https://doi.org/10.1108/JFRA-03-2022-00510

Stock Exchange of Thailand. (2021, 2 June). *How COVID changed the company on the stock market*?. https://www.setinvestnow.com/th/knowledge/article/203-covid-company-change

Stock Exchange of Thailand. (2024). *Securities list overview*. Retrieved January 5, 2024, from https://www.set.or.th/th/market/information/securities-list/main

Sattar, M. A., Awan, A. G., & Zafar, S. (2022). Moderating role of profitability in the capital structure–firm value relationship: Evidence from South Asian markets. Future Business Journal, 8(1), 23. https://doi.org/10.1186/s43093-022-00124-5

Schumacher, R. E., & Lomax, R. G. (2016). A beginner's guide to structural equation modeling (4th ed.). New York, NY: Routledge.

Tak, A. (2023). *Impact of capital structure on shareholder's wealth* (MPRA Paper No. 116421). Munich Personal RePEc Archive. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/116421/

Ujah, N. U., & Brusa, J. (2014). Earnings management, financial leverage, and cash flow volatility: An analysis by Industry. *Journal of Business and Economics*, 5(3), 338–348.

Vithessonthi, C., & Tongurai, J. (2015). The effect of firm size on the leverage–performance relationship during the financial crisis of 2007–2009. *Journal of Multinational Financial Management*, 29, 1–29. https://doi.org/10.1016/j.mulfin.2014.11.001

การศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร

Study the growth trends of the registered Sin Sathaporn Pension Fund at Naresuan University

เวียง ภู่เทศ[1*]

Wieng Phuthes[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร และเพื่อศึกษาข้อมูลสำหรับการจัดสรรงบประมาณประจำปีถัดไปสมทบเข้ากองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยทำการวิจัยเชิงคุณภาพจากการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ โดยการศึกษาข้อมูลจากเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – 2566 ผลการวิจัยพบว่าแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร มีจำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 399.52 จากปีงบประมาณแรก เมื่อพิจารณาแต่ละปีแล้วพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเกือบทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2562 แนวโน้มลดลงร้อยละ 0.79 ส่วนแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเงินสมทบที่มหาวิทยาลัยสมทบให้กับบุคลากร ซึ่งเป็นสวัสดิการที่ดีให้กับบุคลากร และบุคลากรได้รับผลประโยชน์สูงสุดเป็นการสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงาน หากเป็นไปได้การบริหารเงินกองทุนนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การเลือกแหล่งลงทุนควรให้สมาชิกได้มีส่วนร่วม เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเลือกแหล่งลงทุนที่หลากหลาย และข้อมูลสำหรับการจัดสรรเงินเข้ากองทุนสำรองเลี้ยงชีพฯ ที่พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเงินสมทบที่มหาวิทยาลัยสมทบให้กับบุคลากรเป็นข้อมูลให้ผู้บริหารใช้ในการพิจารณาการจัดสรรเงินงบประมาณเพื่อสมทบเข้ากองทุนให้เพียงพอในทุก ๆ ปี โดยไม่ต้องตั้งงบประมาณเพิ่มเติมกลางปี ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปสามารถเน้นไปที่การวิเคราะห์การลาออกจากสมาชิกกองทุนเพื่อศึกษาเหตุผลการลาออก การศึกษาสาเหตุของการที่บุคลากรไม่สมัครเป็นสมาชิก และการศึกษาแผนการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อประโยชน์ของสมาชิก

คำสำคัญ: การศึกษาแนวโน้ม, กองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว

[1] กองคลัง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Finance Division, Office of the president, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author: wiengp@nu.ac.th

Abstract

This research aims to study the growth trends of the registered Sinsathaporn Pension Fund at Naresuan University and to provide data for annual budget allocation for contributions to the fund in the following year. Based on secondary data, this qualitative study analyzed contribution data from the Sin Sathaporn Pension Fund at Naresuan University from 2011 to 2023. The findings reveal that the total contributions to the fund from 2011 to 2023 were increased by 399.52% when compared to the first fiscal year. The annual analysis shows an upward trend almost every year, except for 2019, which revealed a slight decline of 0.79%. The research indicates that the increasing trend in university contributions provides significant welfare benefits to employees, maximizing their benefits and enhancing morale and motivation. For optimal fund management, member participation in selecting diverse investment options should be encouraged to ensure maximum returns. In addition, all related information regarding the allocation of the money to the Sinsathaporn Pension Fund should be provided to the members as well. The study's findings on the rising contribution trend can assist administrators in budget planning, ensuring sufficient annual allocations without requiring mid-year budget adjustments. Future studies in this area could focus on analyzing member withdrawals to examine reasons for leaving the fund, investigating why some employees choose not to join the fund, and examining suitable investment strategies to maximize member benefits.

Kerwords: Trend Study, The registered Sinsathaporn Pension Fund

บทนำ

กองทุนสำรองเลี้ยงชีพ คือ กองทุนที่นายจ้างและลูกจ้างร่วมกันจัดตั้งขึ้น เงินของกองทุนมาจากเงินที่ลูกจ้างจ่ายส่วนหนึ่งเรียกว่า “เงินสะสม” และนายจ้างจ่ายเงินเข้าอีกส่วนหนึ่งเรียกว่า “เงินสมทบ” นั่นคือ นอกจากลูกจ้างจะออมแล้ว นายจ้างยังช่วยลูกจ้างออมอีกแรงหนึ่งด้วย และนายจ้างจะจ่ายสมทบในจำนวนเท่ากันหรือมากกว่าที่ลูกจ้างจ่ายสะสมเสมอ จึงอาจกล่าวได้ว่าการจัดตั้งกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ เป็นรูปแบบหนึ่งของการให้สวัสดิการแก่ลูกจ้าง จึงช่วยสร้างแรงจูงใจให้ลูกจ้างทำงานให้กับนายจ้างนาน ๆ การจัดตั้งกองทุนสำรองเลี้ยงชีพนอกจากจะทำให้ลูกจ้างมีการออมอย่างต่อเนื่อง มีวินัย และมีนายจ้างช่วยออมแล้ว ยังมีการนำเงินไปบริหารให้เกิดดอกผลงอกเงย โดยผู้บริหารมืออาชีพที่เรียกว่า “บริษัทจัดการ” โดยดอกผลที่เกิดขึ้นจะนำมาเฉลี่ยให้กับสมาชิกกองทุนทุกคนตามสัดส่วนของเงินที่แต่ละคนมีอยู่ในกองทุน เงินออมของสมาชิกในกองทุนสำรองเลี้ยงชีพจะเติบโตจากเงินสะสมและเงินสมทบ ที่ต้องมีการนำส่งเข้ากองทุนทุกเดือน รวมทั้งผลประโยชน์ที่เกิดจากการลงทุนของกองทุน อย่างไรก็ดี กองทุนจะมีการจ่ายดอกเบี้ยหรือเงินปันผลให้สมาชิก เนื่องจากจะสะสมยอดเงินทั้งหมดให้เป็นก้อนใหญ่เพื่อเก็บไว้รอจ่ายคืนให้สมาชิกที่สิ้นสุดสมาชิกภาพ เช่น เมื่อลาออกจากงาน นอกจากนี้ กองทุนจะไม่ให้สมาชิกถอนเงินออกบางส่วน เพราะจะเป็นการเปิดโอกาสให้สมาชิกนำเงินไปใช้ซึ่งไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการออมเงินเพื่อไว้ใช้หลังเกษียณ

กองทุนสำรองเลี้ยงชีพมหาวิทยาลัยนเรศวร คือ รากฐานการเก็บออมที่มั่นคงต่อการดำเนินชีวิตหลังเกษียณหรือพ้นสภาพการเป็นบุคลากรของมหาวิทยาลัย รวมถึงการสร้างความมั่นใจว่าคนที่อยู่ข้างหลังจะมีทรัพย์สินจำนวนหนึ่งที่ถูกเก็บออมไว้ให้ยามที่ต้องจากไปก่อนวัยอันควร มหาวิทยาลัยนเรศวร มีความห่วงใยต่อการดำเนินชีวิตของบุคลากรยามที่ขาดรายได้ประจำจากการทำงาน แต่ต้องดำรงชีวิตตามอัตภาพอย่างไม่ลำบาก จึงได้มีนโยบายที่จะให้สวัสดิการกับบุคลากรสังกัดมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้บุคลากรมีการออมทรัพย์อย่างเป็นระบบ และเป็นสวัสดิการ ตลอดจนเป็นหลักประกันให้กับบุคลากรเมื่อเกษียณอายุ ทุพพลภาพ ออกจากงาน และ

เสียชีวิต โดยคณะกรรมการจัดตั้งกองทุนสำรองเลี้ยงชีพมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งประกอบด้วยฝ่ายนายจ้างและลูกจ้าง ได้ศึกษาเรื่องระบบสวัสดิการจัดตั้งกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ และทำการคัดเลือกข้อเสนอจากบริษัท 15 แห่ง จนได้บริษัท หลักทรัพย์จัดการกองทุนรวมบัวหลวง จำกัด มาเป็น “ผู้จัดการกองทุนรวม” โดยใช้ชื่อว่า “กองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว” (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2553)

กองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร เริ่มต้นในเดือนมกราคม 2554 ปัจจุบันดำเนินการมาแล้วกว่า 10 ปี ผู้วิจัยปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญ และมีความน่าสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับกองทุนฯ และการพยากรณ์แนวโน้มการเติบโตของกองทุน รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลเงินสมทบกองทุนฯ ของมหาวิทยาลัยที่จัดสรรเข้ากองทุนฯ แต่ละปีงบประมาณ รวมถึงในบางปีงบประมาณมหาวิทยาลัยประมาณการงบประมาณเพื่อสมทบเข้ากองทุนไม่เพียงพอตั้งแต่ต้นปีงบประมาณ ทำให้ต้องขอจัดสรรงบประมาณเพิ่มเติมกลางปี ดังนั้นเพื่อศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดสรรงบประมาณประจำปี และวางกลยุทธ์ของมหาวิทยาลัยเพื่อเป็นแนวทางการดำเนินการเกี่ยวกับสวัสดิการกองทุนอื่นในอนาคต เพื่อให้บุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวรได้รับประโยชน์อย่างทั่วถึงและเท่าเทียม

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร
2. เพื่อศึกษาข้อมูลสำหรับการจัดสรรงบประมาณประจำปีถัดไปสมทบเข้ากองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ศึกษาการเติบโตของกองทุนฯ รวมถึงข้อมูลการนำส่งเงินสะสมและเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ประกอบกับผลการเบิกจ่ายเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ย้อนหลัง 13 ปีงบประมาณ ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 (ตุลาคม 2554 – กันยายน 2566)

ตัวแปรที่ศึกษาคือแนวโน้มการเติมโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร” ผู้วิจัยมีความประสงค์ศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ดังนี้ (1) แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย คือ ข้อมูลเงินสมทบที่มหาวิทยาลัยสมทบให้ลูกจ้าง เป็นข้อมูลในปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 (2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การสำรวจเอกสาร, แบบสำรวจข้อมูลทุติยภูมิ (3) วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ข้อมูลการจ่ายเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 (4) การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์จากเอกสาร และนำเสนอโดยใช้กราฟแท่งแสดงผลการเปรียบเทียบรายเดือน และรายปี และ (5) สถิติที่ใช้ในการวิจัย สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ความถี่ และร้อยละ และการคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้นลดลงของจำนวนเงินสมทบ

ผลการศึกษา

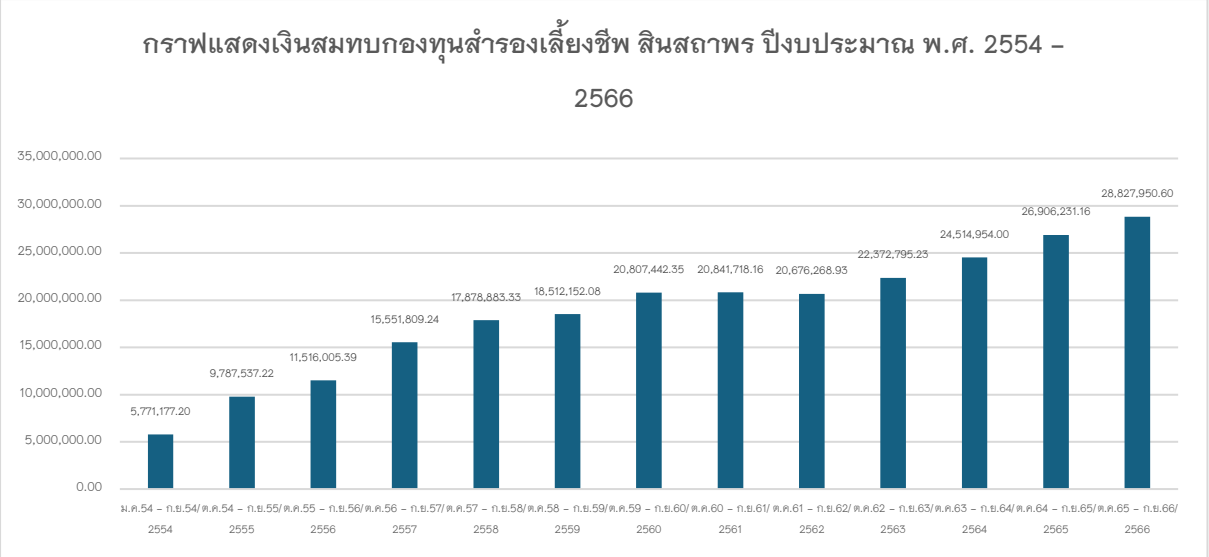
การวิจัยเรื่อง “การศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร” มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาแนวโน้มการเติบโตของกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร 2) เพื่อศึกษาข้อมูลสำหรับการจัดสรรงบประมาณประจำปีถัดไปสมทบเข้ากองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ผลการวิจัยพบผลตามตารางและภาพต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566

ประจำเดือน/ปีงบประมาณ พ.ศ.	จำนวนเงิน (บาท)	อัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของจำนวนเงินสมทบ
ม.ค.54 – ก.ย.54/ 2554	5,771,177.20	35.33
ต.ค.54 – ก.ย.55/ 2555	9,787,537.22	11.65
ต.ค.55 – ก.ย.56/ 2556	11,516,005.39	12.07
ต.ค.56 – ก.ย.57/ 2557	15,551,809.24	25.58
ต.ค.57 – ก.ย.58/ 2558	17,878,883.33	11.79
ต.ค.58 – ก.ย.59/ 2559	18,512,152.08	13.95
ต.ค.59 – ก.ย.60/ 2560	20,807,442.35	5.49
ต.ค.60 – ก.ย.61/ 2561	20,841,718.16	– 0.83
ต.ค.61 – ก.ย.62/ 2562	20,676,268.93	6.00
ต.ค.62 – ก.ย.63/ 2563	22,372,795.23	6.19
ต.ค.63 – ก.ย.64/ 2564	24,514,954.00	18.52
ต.ค.64 – ก.ย.65/ 2565	26,906,231.16	4.68
ต.ค.65 – ก.ย.66/ 2566	28,827,950.60	9.89

หมายเหตุ : การคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลง นำเงินสมทบกองทุนในเดือนสุดท้าย – เดือนแรก = (ผลลัพธ์ส่วนต่าง) นำมาคูณด้วย 100 และหารด้วยเดือนแรก

ที่มา: กองคลัง มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566



ภาพที่ 1 กราฟแสดงจำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566

ที่มา : กองคลัง มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566

สรุปยอดเงินสมทบประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 ปรากฏผลดังนี้

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.33

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.65

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.07

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.58

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.79

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.95

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.49

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.83

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.00

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.19

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.52

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.68

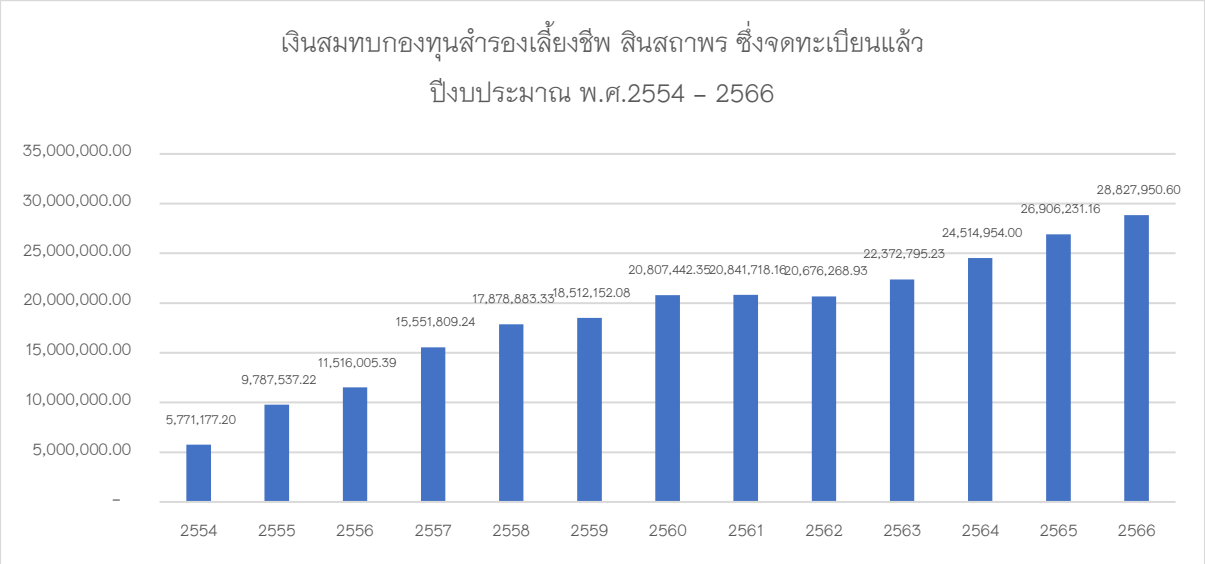
จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.89

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566

ประจำปีงบประมาณ	จำนวนเงิน (บาท)	อัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลงของจำนวนเงินสมทบ
2554	5,771,177.20	-
2555	9,787,537.22	69.59
2556	11,516,005.39	17.66
2557	15,551,809.24	35.05
2558	17,878,883.33	14.96
2559	18,512,152.08	3.54
2560	20,807,442.35	12.40
2561	20,841,718.16	0.16
2562	20,676,268.93	-0.79
2563	22,372,795.23	8.21
2564	24,514,954.00	9.57
2565	26,906,231.16	9.75
2566	28,827,950.60	7.14
รวม	**243,964,924.89**	**399.52**

หมายเหตุ : การคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้น/ลดลง นำเงินสมทบกองทุนในปีหลัง – ปีก่อนหน้า = (ผลลัพธ์ส่วนต่าง) นำมาคูณด้วย 100 และหารด้วยปีก่อนหน้า

ที่มา : กองคลัง มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566



ภาพที่ 2 แสดงจำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566

ที่มา : กองคลัง มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566

จากตาราง 2 และภาพ 2 พบว่า จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพรซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 399.52 จากปีงบประมาณแรก เมื่อพิจารณาแต่ละปีแล้วพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเกือบทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2562 แนวโน้มลดลงร้อยละ 0.79

สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปยอดเงินสมทบประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 ปรากฏผลดังนี้

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.33

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.65

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.07

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.58

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.79

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.95

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.49

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.83

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.00

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.19

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.52

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.68

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.89

จำนวนเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 399.52 จากปีงบประมาณแรก เมื่อพิจารณาแต่ละปีแล้วพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเกือบทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2562 แนวโน้มลดลงร้อยละ 0.79

จากผลการวิจัยพบว่าเงินสมทบกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้วส่วนมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2566 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนั้น ซึ่งอาจจะสืบเนื่องด้วยบุคลากรพิจารณาเห็นถึงประโยชน์ของการสมัครเข้าร่วมกองทุน ผลประโยชน์ที่ได้รับดีกว่านำเงินไปฝากธนาคาร เพราะสมาชิกจะได้รับเงินสมทบเข้ากองทุนจากมหาวิทยาลัยด้วยร้อยละ 2 และมีการเลือกผลตอบแทนได้ 3 ช่องทาง ซึ่งตามที่ถวัลย์ พรหมสิทธิ์ (2563) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการเป็นสมาชิกกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพรของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบทุติยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลบุคลากร ได้แก่ พนักงานมหาวิทยาลัย (แผ่นดิน) พนักงานมหาวิทยาลัย (รายได้) พนักงานราชการ (แผ่นดิน) พนักงานราชการ (รายได้) ลูกจ้างประจำโดยไม่รวมถึงข้าราชการ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นสมาชิก ได้แก่ เพศ อายุ อายุราชการ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส จำนวนบุคคลที่อุปการะ ประเภทตำแหน่ง ระดับตำแหน่ง เงินเดือน สังกัดหน่วยงาน การเลือกนโยบาย การวิเคราะห์ใช้ทฤษฎีจำลองโลจิท (Logit Model) ผลการศึกษาพบว่า ประชากรทั้งหมด 4,124 คน เป็นสมาชิก 2,416 คน ร้อยละ 58.58 และไม่เป็นสมาชิก 1,708 คน ร้อยละ 41.42 โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นสมาชิก ได้แก่ เพศหญิงเป็นสมาชิกมากกว่าเพศชาย 1.46 เท่า อายุ 36–40 ปี เป็นสมาชิกมากกว่าอายุอื่น ๆ 1.25 เท่า อายุราชการ 11 – 15 ปี เป็นสมาชิกมากกว่าช่วงอายุอื่น ๆ 1.39 เท่า ระดับการศึกษาปริญญาตรี เป็นสมาชิกมากกว่าระดับอื่น ๆ 0.70 เท่า สถานภาพโสดเป็นสมาชิกมากกว่าสมรส 1.29 เท่า บุคลากรที่ไม่มีบุคคลที่อุปการะเป็นสมาชิกมากกว่าที่มี 1.70 เท่า ระดับตำแหน่งวิชาชีพ/เชี่ยวชาญ เป็นสมาชิกมากกว่าตำแหน่งอื่น ๆ 0.80 เท่า เงินเดือน 15,001–25,000 เป็นสมาชิกมากกว่าช่วงอื่น ๆ 1.32 เท่า กล่าวคือ เมื่อบุคลากรมีอายุมากขึ้น ทำให้ตระหนักถึงความมั่นคงด้านการเงิน เสถียรภาพทางการเงินหลังเกษียณ และปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นสมาชิก คือ ประเภทตำแหน่งพนักงานมหาวิทยาลัย (แผ่นดิน) เป็นสมาชิกมากกว่าประเภทอื่น ๆ 1.02 เท่า สังกัดวิทยาศาสตร์สุขภาพเป็นสมาชิกมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ 1.02 เท่า จากการสุ่มตัวอย่าง 1 คน ที่เป็นสมาชิกมีความน่าจะเป็นที่จะเข้าเป็นสมาชิก ร้อยละ 84 และการเลือกนโยบายที่ 3 สูงที่สุด คือ 1,281 คน ร้อยละ 31.06

จากผลการวิจัยที่พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของจำนวนเงินสมทบที่มหาวิทยาลัยมีให้กับสมาชิกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 10 ปี ที่ผู้วิจัยทำการศึกษา นั้นสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วิศิษฐ์ ฤทธิบุญไชย, วัฒนา เสรีคุณาคุณ, สุนา สุทธิเกียรติ (2558) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนในกองทุนสำรองเลี้ยงชีพในเชิงการออมของพนักงานบริษัทในเขตหนองแขม พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนในกองทุนสำรองเลี้ยงชีพในเชิงการออมของพนักงานบริษัทในเขตหนองแขมในภาพรวมอยู่ระดับมาก (Mean=3.46) โดยปัจจัยที่ได้รับการประเมินในสามลำดับแรก ได้แก่ การสนับสนุนเงินสมทบจากหน่วยงาน (Mean=3.72) การประชาสัมพันธ์/ให้ข้อมูล (Mean=3.61) และ ความน่าเชื่อถือของบริษัทฯ (Mean=3.52) ตามลำดับ เงินสนับสนุนจากหน่วยงานเป็นปัจจัยจูงใจให้บุคลากรสมัครมาเป็นสมาชิกกองทุนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้บุคลากรของมหาวิทยาลัยนเรศวรก็อาจจะเล็งเห็นปัจจัยนี้ด้วยเช่นกัน

จะเห็นได้ว่าบุคลากรเริ่มเล็งเห็นความสำคัญของการออมแบบกองทุนสำรองเลี้ยง และหันมาสมัครสมาชิกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเริ่มเพิ่มวงเงินสะสมเพื่อเข้ากองทุนเพิ่มมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ตามที่ถวัลย์ พรหมสิทธิ์ (2563) ได้เสนอแนะไว้ว่ามหาวิทยาลัยนเรศวรควรให้ความรู้และประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อบุคลากรจะพิจารณาสมัครสมาชิกกองทุนเพิ่มขึ้น จากปี 2563 จะเห็นว่าเงินสมทบกองทุนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเงินสมทบที่มหาวิทยาลัยสมทบให้กับบุคลากร ซึ่งเป็นสวัสดิการที่ดีให้กับบุคลากร และบุคลากรได้รับผลประโยชน์สูงสุดเป็นการสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงาน หากเป็นไปได้การบริหารเงินกองทุนนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การเลือกแหล่งลงทุนควรให้สมาชิกได้มีส่วนร่วมเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเลือกแหล่งลงทุนที่หลากหลาย

จากผลการวิจัย ที่พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเงินสมทบที่มหาวิทยาลัยสมทบให้กับบุคลากรเป็นข้อมูลให้ผู้บริหารใช้ในการพิจารณาการจัดสรรเงินงบประมาณเพื่อสมทบเข้ากองทุนให้เพียงพอในทุก ๆ ปี โดยไม่ต้องตั้งงบประมาณเพิ่มเติมกลางปี

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. วิเคราะห์การลาออกจากสมาชิกกองทุน เพื่อศึกษาเหตุผลการลาออก
2. ศึกษาสาเหตุของการที่บุคลากรไม่สมัครเป็นสมาชิก
3. ศึกษาวิเคราะห์แผนการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อประโยชน์ของสมาชิก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยนเรศวร และได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาจาก ดร.สุกิจ ขอเชื้อกลาง ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ท่านผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้คำแนะนำ รวมถึงหัวหน้างานเงินเดือนและสวัสดิการ ผู้อำนวยการกองคลัง และผู้ร่วมงานทุกท่านที่สนับสนุน ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กองคลัง มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2566). *รายงานจากระบบเงินเดือน พ.ศ. 2554 – 2566*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ถวัลย์ พรหมสิทธิ์. (2563). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเป็นสมาชิกกองทุนสำรองเลี้ยงชีพสินสถาพรของบุคลากรมหาวิทยาลัยนเรศวร* (รายงานผลการวิจัย). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2553). *เอกสารแนบท้ายข้อบังคับกองทุนสำรองเลี้ยงชีพ สินสถาพร ซึ่งจดทะเบียนแล้ว ในส่วนของ มหาวิทยาลัยนเรศวร* (แก้ไขเพิ่มเติม). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วิศิษฐ์ ฤทธิบุญไชย, วัฒนา เสรีคุณาคุณ, สุนา สุทธิเกียรติ. (2558). ปัจจัยที่มีผลต่อการลงทุนในกองทุนสำรองเลี้ยงชีพในเชิงการออมของพนักงานบริษัทในเขตหนองแขม. *Journal of Logistics and Supply Chain College, 1*(2), 83–91.

ทัศนคติและการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

Attitude and Quality Perception Affecting Purchase Intention of Apple Cider of New Generation Consumers GEN Y

ธีระ ขวัญแก้ว[1*] ธนายุทธ แก้วมณี[1] ธนากร โอทอง[1] อรรถพล ชิตมณี[1] จุลพัฒน์ แซ่ลิ่ม[1] และ วัลลภา พัฒนา[1]

Theera Khwankaew[1*], Tanayut Kaewmanee[1], Thanakorn Othong[1], Atthaphon Chitmanee[1], Junlapat Saelim[1] and Walapa Phattana[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y 2) เพื่อศึกษาทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y 3) เพื่อศึกษาการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y โดยใช้แบบสอบถามจากกลุ่มผู้ที่เคยซื้อและเคยรับประทาน Apple Cider ในภาคใต้ จำนวน 385 ตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา วิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคุณ (Multiple Regression Analysis) พบว่า ความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y โดยรวมในระดับมากที่สุด ทัศนคติ และการรับรู้คุณภาพ โดยรวมในระดับมาก ทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ได้แก่ ด้านความรู้และความเข้าใจ ด้านความรู้สึก มีความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง (R=0.883) โดยตัวแปรต่าง ๆ สามารถอธิบายการแปรปรวนของความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ได้ร้อยละ 78.0 และการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y มีความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง (R=0.885) โดยตัวแปรต่าง ๆ สามารถอธิบายการแปรปรวนของความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ได้ร้อยละ 78.3

คำสำคัญ: ทัศนคติ, การรับรู้คุณภาพ, ความตั้งใจซื้อ

[1] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[2] Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

* Corresponding author : Theera.k@rmutsvmail.com

Abstract

The purposes of this study were: (1) to examine the level of purchase intention toward Apple Cider among Generation Y consumers; (2) to investigate attitudes affecting the purchase intention toward Apple Cider among Generation Y consumers; and (3) to study perceived quality influencing the purchase intention toward Apple Cider among Generation Y consumers. The research employed a questionnaire as the main data collection tool, targeting individuals who had previously purchased and consumed Apple Cider in the southern region of Thailand, with a total sample size of 385 respondents. Data were analyzed using descriptive statistics, inferential statistics, and multiple regression analysis.

The findings revealed that the overall purchase intention toward Apple Cider among Generation Y consumers was at the highest level, while both attitude and perceived quality were at a high level. Attitudes influencing the purchase intention included cognitive and affective components, showing a relatively high correlation (R = 0.883). These variables could explain 78.0% of the variance in purchase intention toward Apple Cider. Similarly, perceived quality influencing purchase intention showed a relatively high correlation (R = 0.885), with the variables collectively explaining 78.3% of the variance in purchase intention toward Apple Cider among Generation Y consumers.

Keywords: Attitude, Quality perception, Purchase intention

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจการดูแลสุขภาพมากขึ้น อาหารจึงเป็นปัจจัยสำคัญด้านการทำให้สุขภาพดี ส่งผลให้มีการเลือกซื้ออาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น (วิไลพรรณ วัฒนพงศ์และฉันทนา ปาปัดถา, 2565) ข้อมูลมูลค่าของตลาดสินค้าอาหารและเครื่องดื่มออร์แกนิกทั่วโลกมีมูลค่า 80,000 ล้านดอร์ลาร์สหรัฐคาดว่าน่าจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องไปอยู่ที่ 165,500 ล้านดอร์ลาร์สหรัฐ เป็นอัตราเติบโตเฉลี่ยสะสม (CAGR) ที่ 15% ต่อปี ประเทศไทยในปี 2561 สินค้ากลุ่มอาหารและเครื่องดื่มสุขภาพในประเทศไทยมีมูลค่า 190,219 ล้านบาท มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 3.4 ต่อปี ตลอดช่วง 5 ปีที่ผ่านมาปี 2562-2567 โดยสินค้าส่วนใหญ่เป็นสินค้าอาหาร มีสัดส่วนมูลค่าตลาดร้อยละ 53.40 ต่อปี ซึ่งเป็นสินค้าที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของตลาดเป็นอย่างมาก (ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2562)

จากกระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิล (Apple Cider Vinegar: ACV) เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ถูกนำมาใช้เพื่อส่งเสริมสุขภาพ เนื่องจากมีส่วนประกอบสำคัญคือกรดอะซิติก (Acetic Acid) ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายด้าน เช่น ช่วยในการลดน้ำหนัก ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และส่งเสริมระบบย่อยอาหาร (มณีรัตน์ เตชะวิชัย และ คณะ, 2563)

งานวิจัยของ มณีรัตน์ เตชะวิชัย และคณะ (2563) ได้ศึกษาผลของการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิลในกลุ่มผู้ที่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม โดยพบว่า การดื่มน้ำส้มสายชูหมัก 15 มิลลิลิตรต่อวัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ สามารถช่วยลดรอบเอวและมวลไขมันในร่างกายได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ยังมีผลดีต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและปรับปรุงองค์ประกอบของร่างกาย จากผลการศึกษาดังกล่าว ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิลในฐานะผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่เหมาะสม

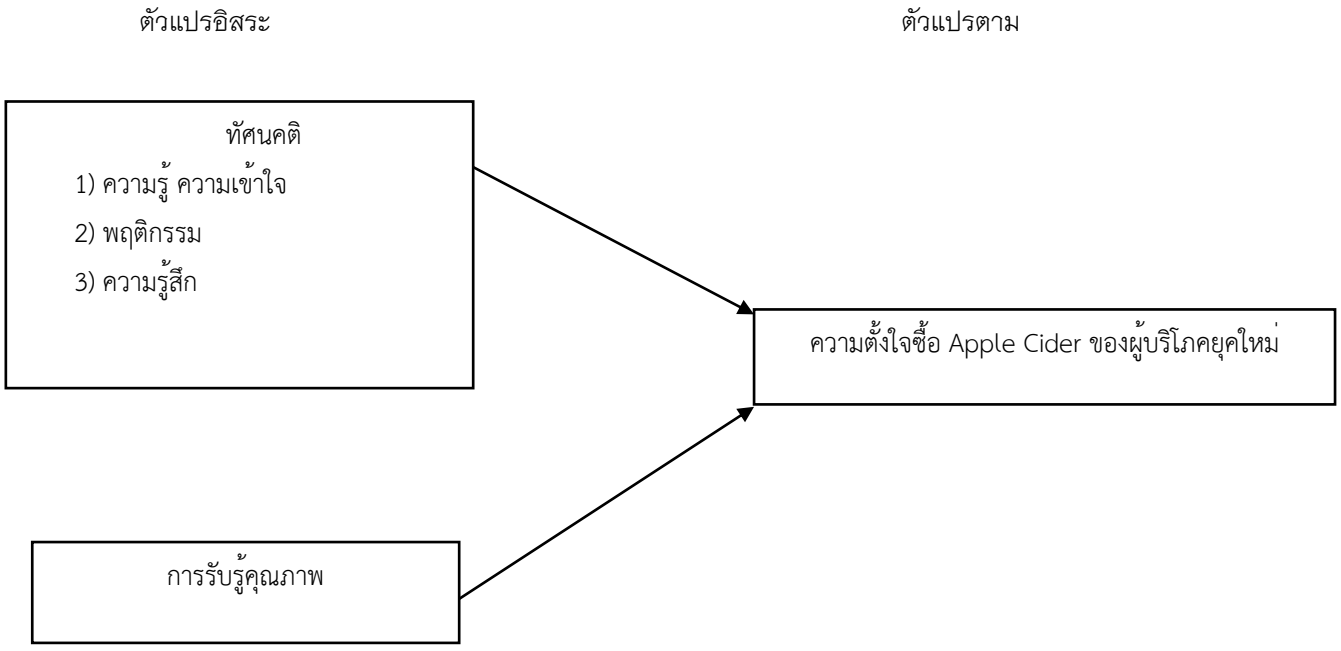
สำหรับกลุ่มผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและป้องกันโรคเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับภาวะเมตาบอลิกซินโดรม อย่างไรก็ตาม ยังต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อยืนยันประสิทธิภาพและความปลอดภัยในระยะยาว

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาเรื่องทัศนคติและการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการได้นำข้อมูลที่ได้จากการทำวิจัยในครั้งนี้ไปพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการและเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y
2. เพื่อศึกษาทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y
3. เพื่อศึกษาการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน



สมมติฐานของการวิจัย

Ho1 : ทัศนคติไม่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

Hn1 : ทัศนคติมีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

Ho2 : การรับรู้คุณภาพไม่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

Hn2 : การรับรู้คุณภาพมีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

วิธีการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม การศึกษาทัศนคติและการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้บริโภคที่เคยซื้อหรือบริโภค Apple Cider ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้บริโภคที่เคยซื้อหรือบริโภค Apple Cider เนื่องจากประชากรมีขนาดใหญ่และไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้นขนาดตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสูตรไม่ทราบขนาดตัวอย่างของ W.G. Cochran โดยกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 (ธนกฤต ตปนีย์ และสุรสิทธิ์ บุญชูนนท์, 2563) ดังรายละเอียดต่อไปนี้ ใช้ขนาดตัวอย่างทั้งสิ้น 385 คน

2. การสุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเลือกตัวอย่าง โดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและนำไปเก็บข้อมูลจำนวน 385 คน

สูตร $n = \frac{P(1-P)Z^2}{d^2}$

เมื่อ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม 0.05

Z คือ ระดับความเชื่อมันที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ Z มีค่าเท่ากับ 1.96 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ระดับ .05)

d คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05)

แทนค่า $n = \frac{(.05)(1-.5)(1.96^2}{(0.5)^2}$

n = 385

ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่ใช้วิจัยครั้งนี้เท่ากับ 385 ตัวอย่าง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บ รวบ รวมข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ คือแบบสอบถาม(Questionnaire)ที่มีคำถามชนิดปลายปิด โดยแบ่งโครงสร้างของแบบสอบถามออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม คำถามในส่วนนี้เป็นแบบกำหนดให้ตอบ (Check list) ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน จำนวน 5 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามปลายปิดและกำหนดให้เลือกตอบได้เพียง 1 คำตอบ

ส่วนที่ 2 เป็นลักษณะแบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความเข้าใจด้านพฤติกรรม และด้านความรู้สึก จำนวน 15 ข้อ เป็นลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ส่วนที่ 3 เป็นลักษณะแบบสอบถามเกี่ยวกับการรับรู้คุณภาพ จำนวน 5 ข้อ เป็นลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคอร์ท (Likert Scale) ชนิดประมาณค่าจากค่าที่น้อยที่สุดถึงค่ามากที่สุด แล้วนำไปตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้น แบบสอบถามจะถูกทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

จากนั้น นำไปวิเคราะห์หาความเชื่อมันของแบบสอบถามโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ แอลฟาครอนบัค (Cronbach's AlphaCoefficient) พบว่า ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (α– Coefficient) ของครอนบาค เท่ากับ .967 อยู่ในระดับความเชื่อมั่นดีมาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ด้านความรู้และความเข้าใจ (α = .943) ซึ่งมีค่ามากกว่า .9 อยู่ในระดับความเชื่อมั่นดีมาก การรับรู้คุณภาพ (α = .892) ซึ่งมีค่ามากกว่า .8 ความตั้งใจซื้อ (α = .873) ซึ่งมีค่ามากกว่า .8 อยู่ในระดับความเชื่อมั่นดีมาก ด้านพฤติกรรม (α = .852) ซึ่งมีค่ามากกว่า .8 อยู่ในระดับความเชื่อมั่นดีมาก ด้านความรู้สึก (α = .810) ซึ่งมีค่ามากกว่า .8 อยู่ในระดับความเชื่อมั่นดีมาก ดังนั้นจึงสามารถยอมรับแบบสอบถามดังกล่าวเพื่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการรวบรวมแบบสอบถามพร้อมตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์และแปลงข้อมูลเพื่อเข้ารหัสโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการประมวลผลข้อมูลเชิงปริมาณและค่าสถิติต่างๆ โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 สถิติเชิงพรรณนา ใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) สำหรับวิเคราะห์ลักษณะประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน รวมทั้งใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้านทัศนคติ ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านพฤติกรรม และด้านความรู้สึก รวมถึงการรับรู้คุณภาพ และความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

4.2 สถิติเชิงอนุมาน ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างทัศนคติและการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y โดยตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย และค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

ผลการศึกษา

1. จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 385 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (65.7%) และ เพศชาย (34.3%) โดยกลุ่มอายุส่วนใหญ่ระหว่าง 31–35 ปี (51.9%) รองลงมาคือ 36–40 ปี (32.7%) สะท้อนว่ากลุ่มตัวอย่างหลักอยู่ในวัยทำงานตอนต้นถึงวัยกลางคน ในด้านการศึกษา ส่วนใหญ่จบปริญญาตรี (82.3%) รองลงมาคือต่ำกว่าปริญญาตรี (14.0%) และสูงกว่าปริญญาตรี (3.6%) ส่วนอาชีพพบว่าส่วนใหญ่เป็นพนักงานบริษัทเอกชน (48.3%) รองลงมาคือรับจ้างทั่วไป (20.3%) และประกอบธุรกิจส่วนตัว (16.6%) ด้านรายได้ ส่วนใหญ่มีรายได้ระหว่าง 10,001–20,000 บาทต่อเดือน (74.6%) โดยสรุป กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง วัยทำงาน จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 10,001–20,000 บาท

2. นำข้อมูลในแบบสอบถามในส่วนที่ 2 จากการสำรวจเกี่ยวกับทัศนคติ จำนวน 385 คน ประกอบด้วยทัศนคติประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความเข้าใจ ด้านพฤติกรรม และด้านความรู้สึก วิเคราะห์โดยใช้การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation : S.D.)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแปลค่าของทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามในภาพรวม

ทัศนคติ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ
1. ด้านความรู้และความเข้าใจ	4.27	0.959	มากที่สุด
2. ด้านพฤติกรรม	3.82	0.878	มาก
3. ด้านความรู้สึก	4.24	0.922	มากที่สุด
รวม	**4.11**	**0.919**	**มาก**

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ระดับความคิดเห็นทัศนคติ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.11 , S.D.= .919) ส่วนการรับรู้คุณค่าที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความรู้และความเข้าใจ ($\bar{x}$ = 4.27 , S.D. = .959) รองลงมาเป็น ด้านความรู้สึก ($\bar{x}$ = 4.24, S.D.= .922) และด้านพฤติกรรม ($\bar{x}$ = 3.82, S.D. = .878)

3. นำข้อมูลในแบบสอบถามในส่วนที่ 3 การรับรู้คุณภาพ วิเคราะห์โดยใช้การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation : S.D.)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลการรับรู้คุณภาพ

การรับรู้คุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ
1. Apple Cider เป็นสินค้ามีคุณภาพดีตรงตามสรรพคุณที่กำหนด	4.33	1.007	มากที่สุด
2. ท่านรับรู้ว่าสินค้า Apple Cider ที่ท่านซื้อมีคุณภาพ ทั้งในด้านกระบวนการผลิต ตัวผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์	4.30	0.859	มากที่สุด
3. Apple Cider ได้รับมาตรฐาน การผลิตที่เป็นที่ยอมรับ เช่น GMP ที่ ได้การรับรองจาก อย. เป็นต้น	4.35	0.972	มากที่สุด
4. Apple Cider เป็นผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการผลิตที่ดีด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีสมัยใหม่	4.29	0.972	มากที่สุด
5. การซื้อหรือบริโภค Apple Cider ช่วยทำให้ผู้อื่นมองว่าท่านทันสมัย	3.82	1.106	มาก
รวม	**4.07**	**0.919**	**มาก**

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ระดับความคิดเห็นความมีชื่อเสียงของตราสินค้า โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.07, S.D.= .893) เมื่อพิจารณาคำถามเป็นรายข้อ พบว่า ทุกข้อมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งหมด โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ Apple Cider เป็นสินค้ามีคุณภาพดีตรงตามสรรพคุณที่กำหนด ($\bar{x}$ = 4.33 , S.D.= 1.007) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การซื้อหรือบริโภค Apple Cider ช่วยทำให้ผู้อื่นมองว่าท่านทันสมัย ($\bar{x}$ = 3.82, S.D.= 1.106)

สมมติฐานที่ 1 ทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

ตัวแปรอิสสระ		ด้านความรู้และความเข้าใจ	ด้านพฤติกรรม	ด้านความรู้สึก	ความตั้งใจซื้อ
ด้านความรู้และความเข้าใจ	Pearson Correlation	1			
ด้านพฤติกรรม	Pearson Correlation	.604**	1		
ด้านความรู้สึก	Pearson Correlation	.875**	.636**	1	
ความตั้งใจซื้อ	Pearson Correlation	.852**	.592**	.856**	1

**. มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation) ระหว่างทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y โดยภาพรวมของผู้บริโภค พบว่า ด้านความรู้และความเข้าใจ ด้านพฤติกรรม ด้านความรู้สึก และความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณของทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y

ทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	beta	T	Sig.
(ค่าคงที่)	.346	.116		2.993	.003
1. ด้านความรู้และความเข้าใจ (X1)	.422	.049	.430	8.605	.000*
2. ด้านพฤติกรรม (X2)	.048	.034	.045	1.423	.155*
3. ด้านความรู้สึก (X3)	.461	.053	.452	8.740	.000

R = .883 R Square = .780 Adjusted R Square = .778 SEE = .443 Sig = .000*

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์พบว่าทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ได้แก่ ด้านความรู้และความเข้าใจ ด้านความรู้สึก มีความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง (R=0.883) โดยตัวแปรต่าง ๆ สามารถอธิบายการแปรปรวนของความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ได้ร้อยละ 78.0 (R2=0.780) และมีความคลาดเคลื่อนในการทำนาย 0.443 โดยสามารถเขียนสมการทำนาย ได้ดังนี้

คะแนนดิบ

$$Y = 0.346 + 0.422 (x1) + 0.048 (x2) + 0.461 (x3)$$

คะแนนมาตรฐาน

$$Z = 0.430 (x1) + 0.045 (x2) + 0.452 (x3)$$

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ผลการวิจัยพบว่า ความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับสมชาย เล็กเจริญ และ ณวรรษ ชัยศรี (2565) ได้ศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าแฟชั่นบนอินสตาแกรม ของผู้บริโภคในประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่า ความตั้งใจซื้อสินค้าแฟชั่นบนอินสตาแกรมอยู่ในระดับมากที่สุด และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของมูมิน, เอ็ม. และ ฟาง, จี. (2564) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับร้านค้า ซึ่งมีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าแบรนด์ของร้าน (Private Label Brands) แบบออฟไลน์ของผู้บริโภคกลุ่มเจเนอเรชันวาย"พบว่า ผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y มีความตั้งใจซื้อสินค้าไพรเวทแบรนด์ (Private Label Brands) โดยมีภาพลักษณ์ร้านและคุณภาพสินค้าเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลเชิงบวกต่อทัศนคติและนำไปสู่ความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้การสร้างความตั้งใจซื้อให้เกิดกับผู้บริโภคจะส่งผลให้เกิดความสำเร็จและมั่นคงได้

จากผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาทัศนคติที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ผลการวิจัยพบว่า ทัศนคติมีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ได้แก่ ด้านความรู้และความเข้าใจ ด้านความรู้สึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับมูมิน , เอ็ม. และ ฟาง, จี. (2564) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับร้านค้า ซึ่งมีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าแบรนด์ของร้าน (Private Label Brands) แบบออฟไลน์ของผู้บริโภคกลุ่มเจเนอเรชันวายซึ่งพบว่า ทัศนคติ ด้านความรู้และความเข้าใจ ด้านความรู้สึกมีต่อความตั้งใจซื้อ และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของจุติพร ราชมนเฑียร (2566) ได้ศึกษา ปัจจัยและทัศนคติที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าไพรเวทแบรนด์ กลุ่มสุขภาพและความงาม ร้านวัตสัน ผลการวิจัยพบว่า ทัศนคติด้านความรู้และความเข้าใจ ด้านความรู้สึก ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งทัศนคติของบุคคลที่มีต่อพฤติกรรมจะส่งผลต่อเจตนาหรือความตั้งใจในการกระทำพฤติกรรมนั้นๆ เมื่อบุคคลมีความเชื่อมั่นในคุณค่าหรือประโยชน์ที่ตนจะได้รับพฤติกรรมการซื้อจึงมีแนวโน้มเกิดขึ้นสูง

จากผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อศึกษาการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ผลการวิจัยพบว่า การรับรู้คุณภาพมีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ทั้งผู้บริโภคมีการรับรู้คุณภาพApple Cider เป็นสินค้ามีคุณภาพดีตรงตามสรรพคุณที่กำหนด ผลิตภัณฑ์ Apple Cider ท่านซื้อมีการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ ทำให้มีความปลอดภัยในการบริโภค Apple Cider ได้รับมาตรฐานการผลิตที่เป็นที่ยอมรับ เช่น GMP ที่ ได้การรับรองจาก อย. เป็นต้น ผลการวิจัยสอดคล้องกับ ณัฏฐ์ธภา ตั้งขจรชัยศักดิ (2565) ได้ศึกษาอิทธิพลการรับรู้ด้านคุณค่าที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเคาน์เตอร์แบรนด์ สกินแคร์ ผ่านการใช้อินฟลูเอนเซอร์ของผู้บริโภค Generation Z พบว่า การรับรู้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถสร้างคุณค่าในใจของ

ผู้บริโภคได้และยิ่งผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ตรงกับความคาดหวังของผู้บริโภค เช่น มีฉลากชัดเจน ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือผลิตด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ทันสมัย ก็ยิ่งทำให้ผู้บริโภครู้สึกเชื่อมั่นและส่งผลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องทัศนคติและการรับรู้คุณภาพที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อ Apple Cider ของผู้บริโภคยุคใหม่ GEN Y ฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและการอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากความช่วยเหลือในการทำวิจัย ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วัลลภา พัฒนา ที่ให้คำปรึกษาและกำลังใจในการทำงานครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณผู้บริโภคทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ตลอดจนการอนุเคราะห์ทุกประการให้กับคณะผู้วิจัย ทางผู้วิจัยมีความซาบซึ้งถึงความเอาใจใส่และความตั้งใจของอาจารย์ผู้สอนเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

จุติพร ราชมนเทียร. (2566). ปัจจัยและทัศนคติที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าไพรเวทแบรนด์ กลุ่มสุขภาพและความงาม ร้านวัตสัน. วารสารบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 9(1), 45–58.

ณัฏฐ์ธภา ตั้งขจรชัยศักดิ์. (2565). อิทธิพลการรับรู้ด้านคุณค่าที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเคาน์เตอร์แบรนด์สกินแคร์ผ่านการใช้อินฟลูเอนเซอร์ของผู้บริโภค Generation Z [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล].

มณีรัตน์ เตชะวิชัย, ญาณิศา ทัพเจริญ, สุวิมล ทรัพย์วรบวร, พรลักษณ์ แสนปอร์ค่า และ ฉัตรระพี หัสดโกศล. (2563). ผลของการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัดส่วนร่างกายและองค์ประกอบร่างกายในผู้ที่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยนเรศวร, 12(3), 53–62.

มูมิน, เอ็ม. และ ฟาง, จี. (2564). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับร้านค้าที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อแบรนด์ไพรเวทเลเบลแบบออฟไลน์ของผู้บริโภคเจเนอเรชันวาย. วารสารวิจัยธุรกิจแห่งเอเชีย, 11(1), 75–77.

วิไลพรรณ วัฒนพงศ์ & ฉันทนา ปาปัดถา. (2565). ทัศนคติที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเลือกบริโภคอาหารคลีนเพื่อสุขภาพในช่วงสถานการณ์ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ในกรุงเทพมหานคร. RMUTP Research Journal Humanities and Social Sciences, 7(1), 34–49.

ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. (10 กรกฎาคม 2562). *อาหารเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีในประเทศไทย.* ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร (FIC).สืบค้น ตุลาคม 20, 2568 จาก https://fic.nfi.or.th/market-intelligence-detail.php?smid=271

สมชาย เล็กเจริญ, & ณวรรษ ชัยศรี. (2565). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าแฟชั่นบนอินสตาแกรมของผู้บริโภคในประเทศไทย. วารสารศิลปการจัดการ, 5(2), 272–285.

คุณภาพการให้บริการลูกค้าและการสื่อสารปากต่อปากส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย

Customer service quality and word-of-mouth communication influence the decision to use Thai massage services

เบญจวรรณ คงเอียด[1*] กฤติยา เคอร์รี่[1] เปรมวดี เสียงหวาน[1] แพรวมณี เอียดดำ[1] ชลิตา หนูยก[1] กาญจนรัตน์ ยีสา[1] วัลลภา พัฒนา[1] และ อรพรรณ จันทร์อินทร์[1]

Benchawan Khongaiad[1*], Kritiya Currie[1], Premwadee Siangwan[1], Praewmanee Aiaddum[1], Chalita Nuyok[1], Kanjanarat Yeesa[1], Wanlapa Phattana[1] and Oraphan Chanin[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการรับรู้ของคุณภาพการให้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการสื่อสารแบบปากต่อปากที่มีต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย 3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 385 ชุด จากผู้บริโภคที่เคยใช้บริการนวดแผนไทย และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพการให้บริการมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ "มาก" ($\bar{X}$ = 3.81) โดยปัจจัยด้านการให้ความมั่นใจมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$ = 3.85) ส่วนการสื่อสารปากต่อปาก พบว่า "การพูดถึงในวงสนทนา" มีอิทธิพลมากที่สุด (Beta = 0.264) ตามด้วย "การแนะนำส่วนบุคคล" (Beta = 0.262) นอกจากนี้ คุณภาพการให้บริการและการสื่อสารปากต่อปากมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการตัดสินใจใช้บริการ โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจใช้บริการได้ร้อยละ 61.4 (Adjusted R^2 = 0.614) ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่สูงมาก

คำสำคัญ: คุณภาพการให้บริการ, การสื่อสารปากต่อปาก, การตัดสินใจใช้บริการ, ธุรกิจนวดแผนไทย

Abstract

[1] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[2] Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

* Corresponding author : Benchawan.kh@rmutsvmail.com

The objectives of this research were 1) to study the perception of service quality in the Thai massage business, 2) to study the relationship between word of mouth communication and the decision to use Thai massage services, and 3) to study the relationship between service quality and the decision to use Thai massage services. The researchers collected 385 data sets from consumers who had used Thai massage services and analyzed the data using means, standard deviations, Pearson's product moment correlation coefficient, and multiple regression analysis. The results showed that service quality had a high mean ($\bar{X}$ = 3.81), with the highest mean for confidence ($\bar{X}$ = 3.85). For word of mouth communication, it was found that "talk in a circle" had the most influence (Beta = 0.264), followed by "personal recommendation" (Beta = 0.262). In addition, service quality and word of mouth communication were positively related to the decision to use services, explaining 61.4 percent of the variance in the decision to use services (Adjusted R^2 = 0.614), which is considered very high.

Keywords: Service quality, word of mouth communication, decision to use the service, Thai massage business

บทนำ

ในปัจจุบัน ธุรกิจการนวดแผนไทยได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติและผู้บริโภคในประเทศไทย โดยธุรกิจนวดแผนไทยมีการเติบโตอย่างรวดเร็วตั้งแต่ช่วงหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 เริ่มคลี่คลาย (ข้อมูลจากกรมการท่องเที่ยว 2565)

สถานะการของธุรกิจบริการนวดแผนไทยในปัจจุบันมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยสามารถแบ่งประเภทธุรกิจได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ สปาและนวดเพื่อสุขภาพ นวดแผนไทยเพื่อการรักษา และนวดเพื่อการพักผ่อนคลายความเครียด (สำนักงานพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2565) การขยายตัวของธุรกิจนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพและการดูแลตนเองมากขึ้น รวมถึงการส่งเสริมจากภาครัฐในการพัฒนาอุตสาหกรรมสุขภาพและความงาม โดยพบว่า ในปี 2567 มีการจดทะเบียนธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการนวดและสปาเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.3 จากปีก่อนหน้า (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2567) แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเติบโตที่ต่อเนื่องของธุรกิจในกลุ่มนี้

แม้ว่าธุรกิจนวดแผนไทยจะมีการเติบโตที่ดี แต่ก็ยังประสบกับปัญหาหลายประการที่ส่งผลต่อการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ ปัญหาด้านคุณภาพการบริการ ธุรกิจนวดแผนไทยหลายแห่งยังขาดมาตรฐานการให้บริการที่ชัดเจน ทำให้คุณภาพการบริการไม่สม่ำเสมอ การขาดบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญและได้รับการรับรองมาตรฐาน รวมถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและความสะอาดของสถานประกอบการ (สมาคมสปาไทย, 2565) ปัญหาด้านการแข่งขัน การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ประกอบการในธุรกิจนี้ทำให้เกิดการแข่งขันที่รุนแรง โดยเฉพาะในพื้นที่ท่องเที่ยวหลัก ทำให้ผู้ประกอบการต้องแสวงหาวิธีการเพื่อสร้างความแตกต่างและดึงดูดลูกค้า (วิภาดา สุขเจริญ, 2566) ปัญหาด้านการสื่อสารและการตัดสินใจของผู้บริโภค ผู้บริโภคในปัจจุบันมีทางเลือกมากมายในการเลือกใช้บริการนวดแผนไทย ทำให้การตัดสินใจเลือกใช้บริการเป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากขึ้น การสื่อสารปากต่อปากจากผู้ใช้บริการเดิมจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นและการตัดสินใจของลูกค้าใหม่ (นิธิมา พงษ์ไพบูลย์, 2567)

คุณภาพการให้บริการมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นบริการที่ต้องอาศัยความไว้วางใจและการสัมผัสโดยตรง ดังนั้น ความเชี่ยวชาญของนักนวด ความสะอาดของสถานที่ การให้คำแนะนำที่เหมาะสม และการสร้างบรรยากาศที่ผ่อนคลาย จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรู้คุณภาพของลูกค้า (สุวิมล อินทรสิทธิ์, 2566)

นอกจากนี้ปัจจัยด้านการแนะนำจากคนรู้จักมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อถึงร้อยละ 83 ทำให้การสื่อสารปากต่อปากจัดเป็นเครื่องมือการตลาดที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะในธุรกิจบริการที่ลูกค้าไม่สามารถทดลองใช้ก่อนการซื้อได้ (วิชญ์ณรงค์ ศรีสวัสดิ์, 2565) จึงทำให้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการ ได้แก่ ความต้องการผักผ่อนและดูแลสุขภาพ คำแนะนำจากผู้อื่น ราคาและคุณภาพของบริการ สถานที่ตั้งที่สะดวก และชื่อเสียงของสถานประกอบการ (อรพิน ใจดี, 2566)

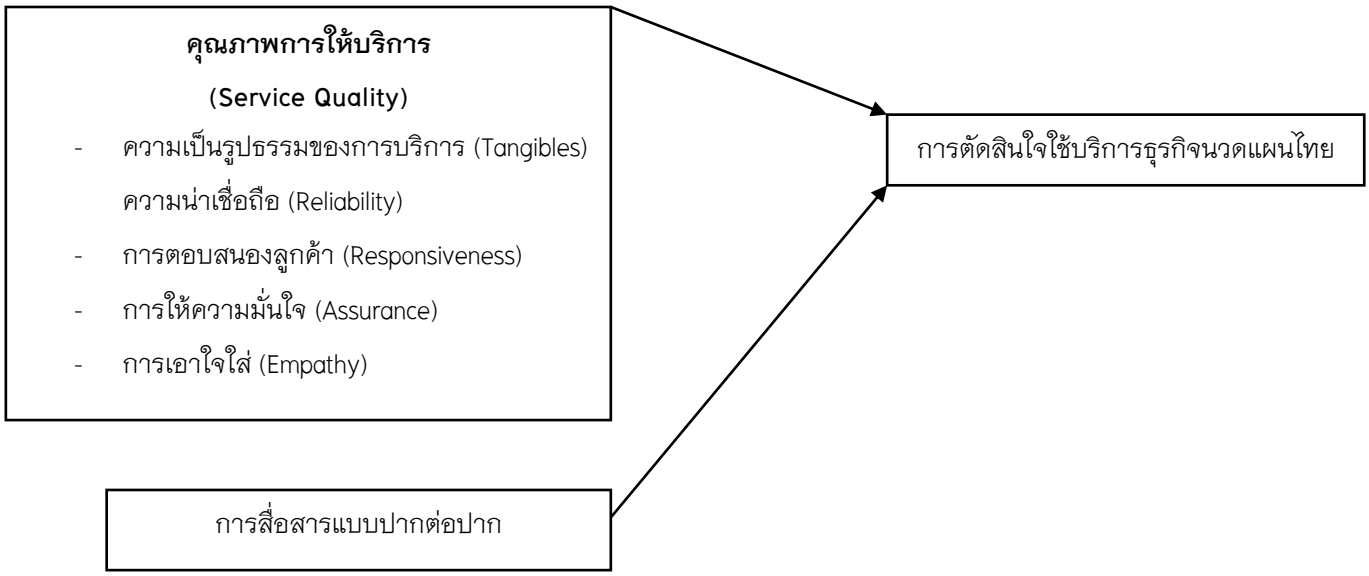
ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา เรื่องคุณภาพการให้บริการลูกค้าและการสื่อสารปากต่อปากส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย โดยมีนักวิชาการได้มีการกล่าวเกี่ยวกับธุรกิจนวดแผนไทยในปัจจุบันเติบโตอย่างต่อเนื่องจากกระแสรักสุขภาพและการสนับสนุนจากภาครัฐ โดยมีหลากหลายรูปแบบ เช่น สปา นวดเพื่อสุขภาพและนวดรักษา แม้จะเติบโตดี แต่ยังเผชิญปัญหา เช่น ขาดมาตรฐานการบริการ ขาดบุคลากรคุณภาพ การแข่งขันสูงและการตัดสินใจของผู้บริโภคที่ซับซ้อน ปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จคือ คุณภาพการบริการ ความเชี่ยวชาญของพนักงาน ความสะอาด และบรรยากาศที่ดี รวมถึง การแนะนำแบบปากต่อปาก ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากต่อการตัดสินใจของลูกค้า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการ ได้แก่ ความต้องการผ่อนคลาย คำแนะนำจากคนรู้จัก ราคา คุณภาพ ความสะดวกในการเดินทาง และชื่อเสียงของร้าน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการรับรู้คุณภาพบริการให้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการสื่อสารแบบปากต่อปากที่มีต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

ตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม



สมมติฐานของการวิจัย

(Ho1) คุณภาพการให้บริการมีผลกระทบเชิงบวกต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย

(Hn1) คุณภาพการให้บริการมีผลกระทบเชิงลบต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย

(Ho2) การสื่อสารปากต่อปากมีผลกระทบเชิงบวกต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย

(Hn2) การสื่อสารปากต่อปากมีผลกระทบเชิงลบต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย

วิธีการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม คุณภาพการให้บริการลูกค้าและการสื่อสารปากต่อปากส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย จึงกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ ผู้บริโภคที่เคยใช้บริการธุรกิจนวดแผนไทย ทั้งในรูปแบบร้านนวดทั่วไป สปา ศูนย์บริการสุขภาพ และโรงแรมต่าง ๆ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้บริโภคที่เคยใช้บริการธุรกิจนวดแผนไทย เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้น จึงใช้สูตรคำนวณไม่ทราบขนาดของ W.G.Cochran โดย กำหนดค่าสัดส่วนประชากรเท่ากับ 0.5 ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และ ระดับความคลาดเคลื่อนที่ 0.5 (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2557 : 74) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

$$n = \frac{p(1-P)z^2}{e^2}$$

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

p = สัดส่วนของลักษณะประชากร

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

Z = ค่า Z ที่ระดับความเชื่อมั่นหรือระดับนัยสำคัญ

ถ้าระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่า Z = 1.96 %

แทนค่า

$$n = \frac{0.5(1-0.5)1.96^2}{(0.05)^2}$$

$$n = \frac{(0.5-0.25)3.84}{0.0025}$$

$$n = \frac{1.92-0.96}{0.0025}$$

$$n = \frac{0.96}{0.0025}$$

n = 384.16

n = 385 คน

ใช้ขนาดตัวอย่างน้อย 385 คน จึงสามารถประมาณค่าร้อยละโดยมีความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 5 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 การเลือกสุ่มตัวอย่างแบบสะดวกซึ่งเป็นการเลือกสุ่มตัวอย่าแบบไม่มีหลักเกณฑ์อาศัยความสะดวกและสมัครใจของกลุ่มตัวอย่างในการตอบแบบสอบถาม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ คือแบบสอบถาม(Questionnaire) ที่มีคำถามชนิดปลายปิด โดยแบ่งโครงสร้างของแบบสอบถามออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามแบ่งข้อคำถามเกี่ยวกับ คุณลักษณะบุคคลเป็นแบบตรวจสอบรายการ (check list)

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการ (Service Quality) จำนวน 25 ข้อ แบบสอบถามมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านการสื่อสารแบบปากต่อปาก จำนวน 5 ข้อ แบบสอบถามมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย จำนวน 5 ข้อ แบบสอบถามมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

ตามแนวคิดของลิเคอร์ท (Likert Scale) ชนิดประมาณค่าจากค่าที่น้อยที่สุดถึงค่ามากที่สุด แล้วนำไปตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้น แบบสอบถามจะถูกทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน จากนั้น นำไปวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นโดยรวม (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.956 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.70 อยู่ในระดับสูงมาก เมื่อพิจารณารายข้อ ดังนี้ ความเป็นรูปธรรมของการบริการ (Tangibles) (α = 0.951) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) (α = 0.946) การตอบสนองลูกค้า (Responsiveness) (α = 0.946) การให้ความมั่นใจ (Assurance) (α = 0.950) การเอาใจใส่ (Empathy) (α = 0.948) การสื่อสารปากต่อปาก (Word–of–Mouth) (α = 0.953) การตัดสินใจใช้บริการ (Service Decision) (α = 0.947) ดังนั้นจึงสามารถยอมรับแบบสอบถามดังกล่าวเพื่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) ใช้ในการอธิบายลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน รวมทั้งใช้ค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพการให้บริการ การสื่อสารปากต่อปาก และการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย

3.2 สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัว และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม และการใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ใช้เพื่อทดสอบสมมติฐานและหาอิทธิพลของตัวแปรอิสระ (คุณภาพการให้บริการและการสื่อสารปากต่อปาก) ที่มีต่อตัวแปรตาม (การตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการศึกษา

1. จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า เพศหญิงจำนวน 218 คนคิดเป็นร้อยละ 56.6 ในขณะที่เป็นเพศชายจำนวน 167 คน คิดเป็นร้อยละ 43.4 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 41 – 50 ปี จำนวน 128 คน คิดเป็นร้อยละ 33.2 รองลงมาคือช่วงอายุ 51 – 60 ปีจำนวน 125 คน คิดเป็นร้อยละ 32.5 และมีผู้ที่อายุต่ำกว่า 20 ปี น้อยที่สุดเพียง 3 คน คิดเป็นร้อยละ 0.8ด้านสถานภาพ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นโสด จำนวน 265 คน คิดเป็นร้อยละ 68.8 รองลงมาคือสมรส จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 26.0 และหย่าร้าง/หม้าย จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 5.2 เมื่อพิจารณาระดับการศึกษา ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่าจำนวน 319 คน คิดเป็นร้อยละ 82.9 รองลงมาคือต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และสูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 4.7 ในส่วนของอาชีพ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ประกอบธุรกิจส่วนตัว จำนวน 266 คน คิดเป็นร้อยละ 69.1 รองลงมาคือข้าราชการ จำนวน 59 คน คิดเป็นร้อยละ 15.3 และเกษตรกรเป็นอาชีพที่มีจำนวนน้อยที่สุดเพียง 26 คน คิดเป็นร้อยละ 6.8 สุดท้ายสำหรับรายได้ต่อเดือน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้อยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท จำนวน106 คน คิดเป็นร้อยละ 27.5 รองลงมาคือ 15,001 – 20,000 บาท จำนวน 91 คน คิดเป็นร้อยละ 23.6และมีรายได้ 35,000 บาทขึ้นไปน้อยที่สุดเพียง 19 คน คิดเป็นร้อยละ 4.9

2. ผลการศึกษาระดับความสำคัญของคุณภาพการให้บริการ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการ โดยภาพรวม

คุณภาพการให้บริการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ
1.ความเป็นรูปธรรมของการบริการ	3.84	0.56	มาก
2.ความน่าเชื่อถือ	3.75	0.56	มาก
3.การตอบสนองลูกค้า	3.77	0.78	มาก
4.การให้ความมั่นใจ	3.85	0.54	มาก
5.การเอาใจใส่	3.81	0.55	มาก
รวม	3.81	0.50	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการในมุมมองของลูกค้าทั้ง 5 ด้าน มีค่าเฉลี่ยและระดับความสำคัญดังนี้ 1) ความเป็นรูปธรรมของการบริการ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 3.84 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.56 ซึ่งมีระดับความสำคัญอยู่ในระดับ "มาก" 2) ความน่าเชื่อถือ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 3.75 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.56 ซึ่งมีระดับความสำคัญอยู่ในระดับ "มาก" 3) การตอบสนองลูกค้า มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 3.77 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.78 ซึ่งมีระดับความสำคัญอยู่ในระดับ "มาก" 4) การให้ความมั่นใจ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 3.85 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.54 ซึ่งมีระดับความสำคัญอยู่ในระดับ "มาก" และ 5) การเอาใจใส่ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 3.81 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.55 ซึ่งมีระดับความสำคัญอยู่ในระดับ "มาก" โดยภาพรวมแล้วปัจจัยคุณภาพการให้บริการทั้ง 5 ด้าน มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.81 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมอยู่ที่ 0.50

3. ผลการศึกษาระดับความสำคัญของการสื่อสารแบบปากต่อปาก ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ปัจจัยด้านการสื่อสารแบบปากต่อปาก ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย

การตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	beta	T	Sig.
(ค่าคงที่)	.972	.156		6.248	.001
การแนะนำส่วนบุคคล	.142	.024	.262	5.954	.001*
การบอกเล่าประสบการณ์	.147	.029	.239	5.056	.001*
การรีวิวออนไลน์	.116	.029	.184	3.948	.001*
การพูดถึงในวงสนทนา	.165	.029	.264	5.952	.001*
อิทธิพลจากความน่าเชื่อถือ	.146	.027	.244	5.438	.001*

R = .686 adjusted R square = .471 F = 67.364 Sig = .000*

*หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยด้านการสื่อสารแบบปากต่อปากที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย พบว่าปัจจัยด้านการสื่อสารแบบปากต่อปากทุกด้านมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ การพูดถึงในวงสนทนา (ค่า Beta = 0.264) รองลงมาคือ การแนะนำส่วนบุคคล (ค่า Beta = 0.262) ตามด้วย อิทธิพลจากความน่าเชื่อถือ (ค่า Beta = 0.244) การบอกเล่าประสบการณ์ (ค่า Beta = 0.239) และ การรีวิวออนไลน์ (ค่า Beta = 0.184) ซึ่งค่า R เท่ากับ 0.686 และค่า Adjusted R-square เท่ากับ 0.471 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยเหล่านี้สามารถอธิบายความผันแปรของพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทยได้ร้อยละ 47.1

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบ $Y = .972 + .142X_1 + .147X_2 + .116X_3 + .165X_4 + .165X_5$

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน $Z = .262X_1 + .239X_2 + .184X_3 + .264X_4 + .244X_5$

4. ผลการศึกษาระดับความสำคัญของคุณภาพการให้บริการและการสื่อสารแบบปากต่อปากที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 วิเคราะห์คุณภาพการให้บริการและปัจจัยด้านการสื่อสารแบบปากต่อปาก ที่ส่งผลต่อ พฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย

การตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	beta	T	Sig.
(ค่าคงที่)	.317	.142		2.233	.026
คุณภาพการให้บริการ	.607	.050	.556	12.026	.001*
การสื่อสารแบบปากต่อปาก	.292	.048	.280	6.065	.001*

R = .783 adjusted R square = .614 F = 303.397 Sig = .000*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่+ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) พบว่า ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) เท่ากับ 0.783 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระดับสูงระหว่างตัวแปรอิสระ (คุณภาพการให้บริการและการสื่อสารแบบปากต่อปาก) กับตัวแปรตาม (การตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจ นวดแผนไทย) นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (adjusted R square) เท่ากับ 0.614 หมายความ ว่าตัวแปรอิสระทั้งสองสามารถอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจใช้บริการได้ถึงร้อยละ 61.4 ผล การทดสอบ F-statistic เท่ากับ 303.397 โดยมีค่า Sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดส่งผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่า คุณภาพการให้บริการมีค่าสัมประสิทธิ์ B เท่ากับ 0.607 และค่า Sig. เท่ากับ 0.001 ซึ่งมีนัยสำคัญทาง สถิติ และการสื่อสารแบบปากต่อปากมีค่าสัมประสิทธิ์ B เท่ากับ 0.292 และค่า Sig. เท่ากับ 0.001 ซึ่งมี นัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

5. ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริการและการสื่อสารปากต่อปาก

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวด้วยตารางเมทริกซ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี (Peason correlation)

ตัวแปรอิสสระ		ความเป็นรูปธรรมของการบริการ	ความน่าเชื่อถือ	การตอบสนองลูกค้า	การให้ความมั่นใจ	การเอาใจใส่	การสื่อสารปากต่อปาก
ความเป็นรูปธรรมของการบริการ	Pearson Correlation	1					
	Sig. (2-tailed)	.000					
	n	385					
ความน่าเชื่อถือ	Pearson Correlation	.723**	1				
	Sig. (2-tailed)	.000					
	n	385	385				
การตอบสนองลูกค้า	Pearson Correlation	.759**	.778**	1			
	Sig. (2-tailed)	.000	.000				
	n	385	385	385			
การให้ความมั่นใจ	Pearson Correlation	.777**	.730**	.777**	1		
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000			
	n	385	385	385	385		
การเอาใจใส่	Pearson Correlation	.748**	.715**	.749**	.798**	1	
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		
	n	385	385	385	385	385	
การสื่อสารปากต่อปาก	Pearson Correlation	.709**	.599**	.651**	.650**	.645**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	
	n	385	385	385	385	385	385

*หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจด้านการบริการและคุณภาพการสื่อสารขององค์กร พบว่าทุกตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยความพึงพอใจด้านการบริการมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับทุกด้านของคุณภาพการสื่อสาร ไม่ว่าจะเป็นด้านความถี่ ด้านความเปิดเผย หรือด้านการปรับตัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายิ่งคุณภาพการสื่อสารขององค์กรดีขึ้นในทุกๆ ด้าน ก็ยิ่งส่งผลให้ความพึงพอใจด้านการบริการเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจด้านการบริการกับความถี่ของการสื่อสาร (r=0.777), ความพึงพอใจด้านการบริการกับความเปิดเผยของการสื่อสาร (r=0.777) และความพึงพอใจด้านการบริการกับการปรับตัวของการสื่อสาร (r=0.778) ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูง

6. สรุปผลสมมติฐานเกี่ยวกับคุณภาพการให้บริการที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย

ตารางที่ 5 สรุปผลสมมติฐานที่ 1 คุณภาพการให้บริการมีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย

การตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	beta	T	Sig.
(ค่าคงที่)	.578	.139		4.154	.000
ความเป็นรูปธรรมของการบริการ	.159	.058	.163	2.737	.006
ความน่าเชื่อถือ	.186	.056	.190	3.320	0.000
การตอบสนองลูกค้า	.028	.060	.029	.465	.642
การให้ความมั่นใจ	.150	.066	.149	2.291	.023
การเอาใจใส่	.315	.060	.318	5.248	0.000

R = .766 adjusted R square = .587 F = 107.814 Sig = .000*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่+ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) พบว่า คุณภาพการให้บริการที่มีต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย พบว่าตัวแปรคุณภาพการให้บริการร่วมกันสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทยได้ร้อยละ 58.7 (Adjusted R 2 =0.587) ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่สูงและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (Sig. = 0.000<0.05) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ Beta และค่า Sig. ของแต่ละปัจจัย พบว่า ความเอาใจใส่ (Beta=0.318, Sig. = 0.000) มีอิทธิพลเชิงบวกมากที่สุดและมีนัยสำคัญทางสถิติสูงตามมาด้วย ความน่าเชื่อถือ (Beta=0.190, Sig. = 0.000) และ ความมีรูปธรรมของการบริการ (Beta=0.163, Sig. = 0.006) ที่มีอิทธิพลเชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน นอกจากนี้ การให้ความมั่นใจ (Beta=0.149, Sig. = 0.023) ก็มีอิทธิพลเชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่ การตอบสนองลูกค้า (Beta=0.029, Sig. = 0.642) และ (ค่าคงที่) หรือ ความถี่ (Beta=0.000, Sig. = 0.000) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบ $Y= .578 + .159X_1 + . 186X_2 + .028X_3 + .150X_4 + .315X_5$

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน $Z= .163X_1 + . 190X_2 + .029X_3 + .149X_4 + .318X_5$

7. สรุปผลสมมติฐานเกี่ยวกับคุณภาพการให้บริการและปัจจัยด้านการสื่อสารแบบปากต่อปาก ที่ ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย

ตารางที่ 6 วิเคราะห์คุณภาพการให้บริการและปัจจัยด้านการสื่อสารแบบปากต่อปาก ที่ส่งผลต่อ พฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย

การตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	beta	T	Sig.
(ค่าคงที่)	.317	.142		2.233	.026
คุณภาพการให้บริการ	.607	.050	.556	12.026	.001*
การสื่อสารแบบปากต่อปาก	.292	.048	.280	6.065	.001*

R = .783 adjusted R square = .614 F = 303.397 Sig = .000*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่+ระดับ 0.05

จากตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) พบว่า ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) เท่ากับ 0.783 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระดับสูงระหว่างตัวแปรอิสระ (คุณภาพการให้บริการและการสื่อสารแบบปากต่อปาก) กับตัวแปรตาม (การตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจ นวดแผนไทย) นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (adjusted R square) เท่ากับ 0.614 หมายความ ว่าตัวแปรอิสระทั้งสองสามารถอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจใช้บริการได้ถึงร้อยละ 61.4 ผล การทดสอบ F-statistic เท่ากับ 303.397 โดยมีค่า Sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดส่งผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่า คุณภาพการให้บริการมีค่าสัมประสิทธิ์ B เท่ากับ 0.607 และค่า Sig. เท่ากับ 0.001 ซึ่งมีนัยสำคัญทาง สถิติ และการสื่อสารแบบปากต่อปากมีค่าสัมประสิทธิ์ B เท่ากับ 0.292 และค่า Sig. เท่ากับ 0.001 ซึ่งมี นัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

สรุปผลและอธิปรายผล

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาการรับรู้คุณภาพบริการให้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพการให้บริการมีความสำคัญอยู่ในระดับ "มาก" โดยรวม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Parasuraman, Zeithaml และ Berry (1988) ที่กล่าวถึงความสำคัญของคุณภาพการบริการใน 5 มิติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าลูกค้าให้ความสำคัญกับ "การให้ความมั่นใจ" มากที่สุด ซึ่งแสดงถึงความต้องการความปลอดภัยและความไว้วางใจในการรับบริการนวดแผนไทย การที่ "ความเป็นรูปธรรมของการบริการ" มีค่าเฉลี่ยสูง นั้น สะท้อนให้เห็นว่าลูกค้าให้ความสำคัญกับสิ่งที่มองเห็นได้ เช่น ความสะอาดของสถานที่ อุปกรณ์ที่ใช้และการแต่งกายของพนักงาน ซึ่งสอดคล้องกับธุรกิจบริการที่ลูกค้าต้องสัมผัสโดยตรง

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ของการสื่อสารแบบปากต่อปากที่มีต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย ผลการศึกษาพบว่า การสื่อสารปากต่อปากมีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจใช้บริการในธุรกิจนวดแผนไทย โดยสามารถอธิบายความผันแปรของพฤติกรรมการตัดสินใจได้ร้อยละ 47.1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 "การพูดถึงในวงสนทนา" มีอิทธิพลสูงสุด รองลงมาคือ "การแนะนำส่วนบุคคล" ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับทฤษฎี Word-of-Mouth Communication ของ Westbrook (1987) ที่กล่าวว่าการสื่อสารแบบเผชิญหน้าและการแนะนำโดยตรงจากบุคคลที่รู้จักมีอิทธิพลสูงกว่าสื่อรูปแบบอื่น รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ แสงอรุณ วรากุลศิริศักดิ์ (2564) ที่พบว่าคุณภาพการบริการมีความสัมพันธ์กับการสื่อสารแบบบอกต่อของธุรกิจสปาอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับ ณัฐชา มาปัสสา (2565) ที่พบว่าการสื่อสารแบบปากต่อปากส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย สิ่งที่น่าสนใจคือ "การรีวิวออนไลน์" มีอิทธิพลต่ำสุด แม้จะยังมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าน้อยกว่าการสื่อสารแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจให้ความเชื่อถือกับการสื่อสารแบบตัวต่อตัวมากกว่าสื่อดิจิทัล อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้ยังคงสอดคล้องกับแนวคิดของ King et al. (2014) ที่กล่าวว่าการสื่อสารปากต่อปากในทุกรูปแบบล้วนมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพการให้บริการและการสื่อสารปากต่อปากมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการตัดสินใจใช้บริการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 61.4 ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่สูงมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ กานต์รวี วิโรจน์วรรณ วรรณปิยะรัตน์ (2565) ที่พบว่าคุณภาพการให้บริการมีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการธุรกิจท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ คุณภาพการให้บริการมีอิทธิพลสูงกว่า การสื่อสารปากต่อปาก ประมาณ 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Zeithaml, Bitner และ Gremler (2018) ที่เน้นว่าคุณภาพการบริการที่ดีจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างความพึงพอใจและการตัดสินใจของลูกค้า รวมทั้งสอดคล้องกับทฤษฎี Service Excellence Model ที่เสนอว่าการสร้างความเป็นเลิศในการบริการต้องเริ่มจากคุณภาพการบริการที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง นี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาและการอนุเคราะห์อย่างยิ่ง จากความช่วยเหลือในการทำวิจัยจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลลภา พัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้างานวิจัย ตลอดจนให้ปรึกษาและแนะนำในการตรวจสอบ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย ด้วยความละเอียดและทุ่มเทเป็นอย่างดี ทางผู้วิจัยมีความซาบซึ้งถึงความเอาใจใส่และความตั้งใจของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการท่องเที่ยว (2565) . รายงานสถานการณ์ของธุรกิจบริการนวดแผนไทยในประเทศไทย มีข้อมูลมูลค่าการให้บริการนวดไทยและแนวโน้มธุรกิจการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพในปี 2565 https://www.dtam.moph.go.th/wp-content/uploads/dtam-ann/report-year-dtam/annual-report-2022-DTAM/ann-report-dtam-2565.pdf

กรมพัฒนาธุรกิจการค้า (2567) . ข้อมูลล่าสุดปี 2567 พบว่ามีสถานประกอบการเพื่อสุขภาพจำนวนมากในประเทศไทย รวมถึงธุรกิจนวดและสปาที่จดทะเบียน มีข้อมูลการจดทะเบียนธุรกิจนวดและสปา https://www.ocsc.go.th/wp-content/uploads/2025/06/GP6_ยกระดับการนวดไทยเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ.pdf

กานต์รวี วิโรจน์วรรณ วรรณปิยะรัตน์ (2565). คุณภาพการให้บริการของผู้ประกอบการธุรกิจท่องเที่ยวเชิงสุขภาพที่มีผลต่อ ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการในเขตกรุงเทพมหานคร https://so10.tci-thaijo.org/index.php/msdru/article/view/128

ณัฐชา มาปัสสา (2565. อิทธิพลการสื่อสารแบบปากต่อปาก คุณภาพการบริการ และความเชื่อมั่นในการบริการส่งผลต่อ การตัดสินใจใช้บริการนวด แผนไทยของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/5225/1/631220065.pdf

นิธิมา พงษ์ไพบูลย์. (2567). อิทธิพลของการสื่อสารปากต่อปากต่อการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทย. วารสารบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 18(1), 123–138.

วรากุล ศิริศักดิ์. (2564). คุณภาพการบริการที่มีความสัมพันธ์กับการสื่อสารแบบบอกต่อของธุรกิจสปาในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 11(3), 117–128. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/neuarj/article/view/246143

วิชญ์ณรงค์ ศรีสวัสดิ์. (2565). พลังของการสื่อสารปากต่อปากในการตลาดบริการ. วารสารการตลาด มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 8(2), 34–49.

วิภาดา สุขเจริญ. (2566). ปัจจัยความสำเร็จของธุรกิจนวดแผนไทยในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ, 25(4), 201–218.

วิโรจน์วรรณ วรรณปิยะรัตน์ และสุรินทร์ ฝรั่งทอง. (2565). คุณภาพการให้บริการของผู้ประกอบการธุรกิจท่องเที่ยวเชิงสุขภาพที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 4(1), 1–16. https://so10.tci-thaijo.org/index.php/msdru/article/view/128

สมาคมสปาไทย. ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพบริการและสิ่งแวดล้อมในธุรกิจนวดแผนไทย. http://www.thaispaassociation.com

สำนักงานพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2565). รูปแบบและการจำแนกประเภทธุรกิจบริกนวดแผนไทย. https://tat.or.th

สุวิมล อินทรสิทธิ์. (2566). การจัดการคุณภาพในธุรกิจบริการนวดและสปา. วารสารการจัดการคุณภาพ, 14(3), 112–127.

แสงอรุณ วรากุลศิริศักดิ์ (2021).คุณภาพการบริการที่มีความสัมพันธ์กับการสื่อสารแบบบอกต่อของธุรกิจสปา ในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม https://so04.tci-thaijo.org/index.php/neuarj/article/view/246143

อรพิน ใจดี. (2566). พฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการนวดแผนไทยของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. วารสารพฤติกรรมศาสตร์เพื่อการพัฒนา, 9(2), 156–171.

King, R. A., Racherla, P., & Bush, V. D. (2014). What we know and don't know about online word-of-mouth: A review and synthesis of the literature. Journal of Interactive Marketing, 28(3), 167–183. https://doi.org/10.1016/j.intmar.2014.02.001

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. Journal of Retailing, 64(1),12–40.

Westbrook, R. A. (1987). Product/consumption-based affective responses and postpurchase processes. Journal of Marketing Research, 24(3), 258–270.

https://doi.org/10.2307/3151636

Zeithaml, V. A., Bitner, M. J., & Gremler, D. D. (2018). Services marketing: Integrating customer focus across the firm (7th ed.). McGraw-Hill Education.

ทฤษฎีการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวอินทรีย์

Consumer perception theory of organic rice

มัสรา นวลจันทร์[1] ญาณิศา แปะใส้[1] ศิริพร ศรีสุวรรณ[1] ปิยาพัชร รองเดช[1*] วัลลภา พัฒนา[1] และ จุฑามาศ บุญรัศมี[1]

Mussara Naunchan[1], Yanisa Paesai[1], Siriporn Srisuwan[1], Piyapat Rongdach[1*], Wanlapa Phatthana[1] and Jutamas Boonradsamee[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวอินทรีย์โดยผู้วิจัยมีประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ ผู้บริโภคที่ซื้อข้าวอินทรีย์ทั่วประเทศ และกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในครั้งนี้ ผู้บริโภคที่เคยซื้อหรือบริโภคข้าวอินทรีย์ในระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน และใช้วิธีการเลือกตัวอย่าง โดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและนำไปเก็บข้อมูลจำนวน 385 คน เครื่องมือที่ใช้งานวิจัยนี้คือแบบสอบถามปลายปิดแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลส่วนบุคคล การรับรู้ ความไว้วางใจ และการตัดสินใจซื้อ โดยใช้มาตรประมาณค่าแบบลิเคอร์ท 5 ระดับ แบบสอบถามผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค ผลพบว่าทุกด้านมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.940–0.959 ซึ่งอยู่ในระดับดีถึงดีมาก แสดงว่าเครื่องมือวิจัยมีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมสำหรับการเก็บข้อมูลจริง

คำสำคัญ: การรับรู้ของผู้บริโภค, ความไว้วางใจ, การตัดสินใจซื้อ, ข้าวอินทรีย์

Abstract

This research study investigates consumers' perceptions toward organic rice. The researcher collected 385 sets of data and analyzed them using statistical methods in accordance with the research objectives. The data analysis included frequency, percentage, mean, standard deviation, Pearson's correlation coefficient, and multiple regression analysis. The research findings revealed that consumers' perceptions were at a "very high" level. Regarding the relationship between perception factors and consumers' purchase intention toward organic rice, it was found that "environmental perception" had the ighest influence (Beta = 0.308), followed by "health perception" (Beta = 0.247). The results further indicated that trust and perception factors significantly affected consumers' purchase intention toward organic rice, explaining 66.4% of the variance, which is considered a very high level.

Keywords: Consumer perception, Trust, Purchase decision, Organic rice

[1] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[2] Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

* Corresponding author : Piyapat.r@rmutsvmail.com

บทนำ

ข้าวอินทรีย์ได้กลายเป็นทางเลือกใหม่ของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงหลังการแพร่ระบาดของโควิด-19 ที่ทำให้ผู้คนหันมาใส่ใจเรื่องอาหารสุขภาพมากยิ่งขึ้น (วิทยาสุข เจริญ, 2565) ข้าวอินทรีย์เป็นข้าวที่ผลิตโดยไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ เช่น ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง หรือยาปราบศัตรูพืช แต่ใช้วิธีการเกษตรกรรมธรรมชาติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (ประยุทธ์ เกษตรกุล, 2566)ตลาดข้าวอินทรีย์ในประเทศไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง แต่ยังคงมีส่วนแบ่งตลาดที่จำกัดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวทั่วไป ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างระหว่างความต้องการของตลาดกับการยอมรับของผู้บริโภค (สมเกียรติ ใจเย็น, 2565) พื้นที่เพาะปลูกข้าวอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ยังต้องเผชิญกับความท้าทายในด้านการผลิต การตลาด และการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค (ชยพล ศิริกุล, 2566) จากข้อมูลสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ(2567) พบว่า พื้นที่เพาะปลูกข้าวอินทรีย์ในประเทศไทยมีจำนวน 487,350 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.7 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด ซึ่งยังถือว่าเป็นสัดส่วนที่น้อยมาก

ข้าวอินทรีย์ประสบปัญหาหลายประการที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ ราคาที่สูงกว่าข้าวทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉลี่ยสูงกว่า 2-3 เท่า (อรทัย เงินทอง, 2565) ปัญหาการรับรองมาตรฐานที่ซับซ้อนและขาดความชัดเจน (นิรันดร์ ธรรมรักษ์, 2566) การขาดช่องทางการจำหน่ายที่เข้าถึงง่าย รวมถึงปัญหาการปลอมแปลงและขาดความน่าเชื่อถือในระบบตรวจสอบ (สุธี แก้วใส, 2567) นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านการสื่อสารข้อมูลประโยชน์ของข้าวอินทรีย์ที่ยังไม่เข้าถึงผู้บริโภคอย่างเพียงพอ (ปรีชา วงศ์ดี, 2566) และปัญหาการควบคุมคุณภาพในช่วงการขนส่งและการเก็บรักษา ที่อาจส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (รัตนาศิลปกรรม, 2567)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนา “ตลาดข้าวอินทรีย์” ของไทยอยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่านจาก “niche market” ไปสู่ “mainstream market” แต่ยังติดค้างที่ การรับรู้ของผู้บริโภค (Consumer Perception) และความไว้วางใจ (Trust) ที่ยังไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นพฤติกรรมซื้อ จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้า การรับรู้ด้านประโยชน์ การรับรู้ด้านทัศนคติ การรับรู้ด้านคุณค่าและการรับรู้ของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคทั้งนี้เพื่อนำผลการศึกษามาเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการมาใช้เป็นแนวทางเพื่อช่วยให้เข้าใจการรับรู้และความไว้วางใจของผู้บริโภคต่อข้าวอินทรีย์มากขึ้น ส่งผลให้สามารถเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อข้าวอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

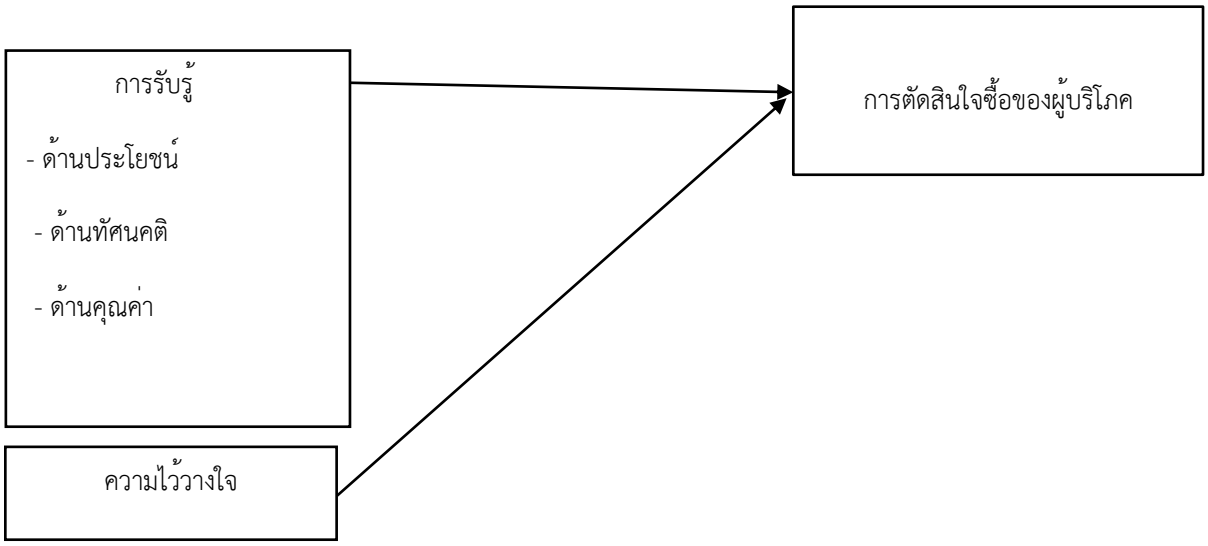
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวอินทรีย์
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวอินทรีย์
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ความไว้วางใจส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวอินทรีย์

กรอบแนวคิด (ถ้ามี)

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

ตัวแปรตาม (Dependent Variable)



สมมติฐานของการวิจัย

Ho1 การรับรู้ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวอินทรีย์

Hn2 การรับรู้ไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวอินทรีย์

Ho1 ความไว้วางใจส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวอินทรีย์

Hn2 ความไว้วางใจไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวอินทรีย์

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณมีรายละเอียดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้บริโภคที่เคยซื้อหรือบริโภคข้าวอินทรีย์ ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้บริโภคที่เคยซื้อหรือบริโภคข้าวอินทรีย์ เนื่องจากประชากรมีขนาดใหญ่และไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้นขนาดตัวอย่างสามารถคำนวณได้จาก สูตรไม่ทราบขนาดตัวอย่างของ W.G. Cochran (1953) โดยกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 (ธนกฤต ตปนีย์ และสุรสิทธิ์ บุญชูนนท์, 2563) ซึ่งสูตรในการคำนวณที่ใช้ ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

สูตร $n = \frac{P(1-P)Z^2}{d^2}$

เมื่อ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม 0.05

Z แทน ระดับความเชื่อมั่นที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ Z มีค่าเท่ากับ 1.96 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ระดับ .05)

d คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05)

แทนค่า $n = \frac{(.05)(1-.5)(1.96)^2}{(0.5)^2}$

$n = 385$

ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่ใช้วิจัยครั้งนี้เท่ากับ *385* ตัวอย่าง

2. การสุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเลือกตัวอย่าง โดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและนำไปเก็บข้อมูลจำนวน 385 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ คือแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่มีคำถามชนิดปลายปิดโดยแบ่งโครงสร้างของแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม คำถามในส่วนนี้ เป็นแบบกำหนดให้ตอบ (Check list) ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน จำนวน 5 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามปลายปิดและกำหนดให้เลือกตอบได้เพียง 1 คำตอบ

ส่วนที่ 2 เป็นลักษณะแบบสอบถามเกี่ยวกับการรับรู้ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านประโยชน์ ด้านทัศนคติ และด้านคุณค่า จำนวน 15 ข้อ เป็นลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 222 คน คิดเป็นร้อยละ 57.7 รองลงมาคือเพศชาย จำนวน 163 คน คิดเป็นร้อยละ 42.3 ด้านอายุพบว่า กลุ่มอายุที่มากที่สุดคือ 21–30 ปี จำนวน 200 คน คิดเป็นร้อยละ 51.9 รองลงมาคือกลุ่มอายุ 15–20 ปี จำนวน 64คน คิดเป็นร้อยละ 16.6 และกลุ่มอายุ 31–40 ปี จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 14.3 ส่วนระดับการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 323 คน คิดเป็นร้อยละ 83.9 รองลงมาคือระดับปริญญาโท 42 คน (ร้อยละ 10.9) และปริญญาเอก 20 คน (ร้อยละ 5.2) ด้านอาชีพ พบว่าส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 164 คน คิดเป็นร้อยละ 42.6 รองลงมาคือประกอบธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย จำนวน 101 คน (ร้อยละ 26.2) ข้าราชการ/ลูกจ้างหน่วยงานรัฐ 51 คน (ร้อยละ 13.2) และพนักงานรัฐวิสาหกิจ 34 คน (ร้อยละ 8.8) สำหรับรายได้เฉลี่ยต่อเดือน พบว่า กลุ่มรายได้ระหว่าง 10,001–20,000บาท มีจำนวนมาก ที่สุดคือ 149 คน คิดเป็นร้อยละ 38.7 รองลงมาคือกลุ่มรายได้ 5,000–10,000 บาท จำนวน 142 คน คิดเป็นร้อยละ 36.9

2. ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับระดับความคิดเห็นการรับรู้ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ด้าน ด้านคุณภาพ ด้านสุขภาพ และด้านสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้านการรับรู้ โดยภาพรวม

การรับรู้	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ
การรับรู้ด้านคุณภาพ	4.19	0.62	มากที่สุด
การรับรู้ด้านสุขภาพ	4.13	0.68	มากที่สุด
การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม	4.09	0.71	มากที่สุด
รวม	4.14	0.67	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ พบว่า โดยภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ในทุกด้านที่ทำการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้านหลัก ได้แก่ การรับรู้ด้านคุณภาพ การรับรู้ด้านสุขภาพ และการรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม โดยการรับรู้ด้านคุณภาพมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 4.19 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเชื่อมั่นว่าข้าวอินทรีย์มีคุณภาพดี เหมาะสมกับราคา และตอบโจทย์ด้านความปลอดภัยในการบริโภค ตามมาด้วยการรับรู้ด้านสุขภาพ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.13 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 สะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคตระหนักถึงประโยชน์ของข้าวอินทรีย์ที่มีต่อสุขภาพ เช่น การปลอดสารเคมี หรือคุณค่าทางโภชนาการที่สูงกว่า ในขณะที่การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ย 4.09 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 ซึ่งแม้ว่าจะต่ำที่สุดในสามด้าน แต่ก็ยังอยู่ในระดับ “มากที่สุด”

3. ผลการวิเคราะห์ระดับความสำคัญเกี่ยวกับความไว้วางใจ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิกดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้านการรับรู้ โดยภาพรวม

ความไว้วางใจ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ
ความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์	4.13	0.67	มากที่สุด
ความไว้วางใจในผู้ผลิต	4.03	0.71	มากที่สุด
รวม	4.08	0.69	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ พบว่า โดยรวมแล้วผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความไว้วางใจอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ทั้งในมิติของความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์และความไว้วางใจในผู้ผลิต โดยความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ที่ 4.13 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.67 สะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความเชื่อมั่นในตัวข้าวอินทรีย์ว่าเป็นสินค้าที่ปลอดภัย ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ปราศจากสารเคมี และสามารถบริโภคได้อย่างมั่นใจ ขณะที่ความไว้วางใจในผู้ผลิตมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.03 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 แสดงถึงความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อเกษตรกรหรือผู้ประกอบการที่ผลิตข้าวอินทรีย์ว่ามีความจริงใจ ใส่ใจในคุณภาพและมีความรับผิดชอบต่อผู้บริโภค ซึ่งแม้ว่าค่าเฉลี่ยจะต่ำกว่าความไว้วางใจในตัวผลิตภัณฑ์เล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในระดับที่สูงมาก ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาโดยรวม ความไว้วางใจทั้งสองด้านมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.08 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69

4. ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับความตั้งใจซื้อ และ พฤติกรรมการซื้อจริง

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิกดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยความตั้งใจซื้อ โดยภาพรวม

ความตั้งใจซื้อ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ
ในอนาคตท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวอินทรีย์ผ่านทางออนไลน์	4.33	0.87	มากที่สุด
ในการซื้อข้าวอินทรีย์แต่ละครั้งท่านต้องมีการวางแผนล่วงหน้า	4.08	0.85	มากที่สุด
ท่านเกิดความพึงพอใจจึงบริโภคข้าวอินทรีย์ซ้ำ	4.16	0.83	มากที่สุด
ท่านเลือกซื้อข้าวอินทรีย์เพราะดีต่อสุขภาพ	4.05	0.87	มากที่สุด
ท่านต้องการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพและนึกถึงข้าวอินทรีย์เป็นอันดับแรก	4.18	0.81	มากที่สุด
รวม	4.16	0.85	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ พบว่า โดยภาพรวมผู้บริโภคมีระดับความตั้งใจซื้ออยู่ในระดับ “มากที่สุด” โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.16 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.85 แสดงถึงแนวโน้มที่ดีต่อพฤติกรรมการซื้อในอนาคตอย่างชัดเจน หากพิจารณาในรายข้อ พบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ “ในอนาคตท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวอินทรีย์ผ่านทางออนไลน์” มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.87 สะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความสนใจที่จะใช้ช่องทางออนไลน์ในการเลือกซื้อข้าวอินทรีย์อย่างจริงจัง ตามมาด้วยข้อ “ท่านต้องการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพและนึกถึงข้าวอินทรีย์เป็นอันดับแรก” ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.18 (S.D. = 0.81) แสดงถึงภาพลักษณ์ของข้าวอินทรีย์ในฐานะอาหารเพื่อสุขภาพที่อยู่ในลำดับต้นของความคิดผู้บริโภค ทั้งนี้ ความพึงพอใจในการบริโภคก็สะท้อนผ่านข้อ “ท่านเกิดความพึงพอใจจึงบริโภคข้าวอินทรีย์ซ้ำ” ที่มีค่าเฉลี่ย 4.16 (S.D. = 0.83) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการกลับมาซื้อซ้ำด้วยความสมัครใจ นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังแสดงพฤติกรรมเชิงวางแผน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.08 (S.D. = 0.85) ในข้อ “ในการซื้อข้าวอินทรีย์แต่ละครั้งท่านต้องมีการวางแผนล่วงหน้า” และสุดท้าย ความเชื่อในประโยชน์ต่อสุขภาพก็ปรากฏผ่านข้อ “ท่านเลือกซื้อข้าวอินทรีย์เพราะดีต่อสุขภาพ” ที่มีค่าเฉลี่ย 4.05 (S.D. = 0.87) แม้จะเป็นค่าที่ต่ำที่สุดในหมวดนี้ แต่ยังอยู่ในระดับ “มากที่สุด” เช่นกัน

5. ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยด้านการรับรู้ และการไว้วางใจที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ปัจจัยด้านการรับรู้ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์

การตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	beta	T	Sig.
(ค่าคงที่)	1.001	.149		6.726	.001
การรับรู้ด้านคุณภาพ	.177	.050	.173	3.531	.001*
การรับรู้ด้านสุขภาพ	.228	.059	.247	3.877	.001*
การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม	.362	.052	.308	6.935	.001*

R = .760 adjusted R square = .575 F = 174.133 Sig = .000*

*หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรด้านการรับรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การรับรู้ด้านคุณภาพ, การรับรู้ด้านสุขภาพ และ การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ล้วนมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า Sig. เท่ากับ .001 ทุกตัวแปร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภครับรู้คุณค่าของข้าวอินทรีย์ในหลากหลายมิติ และการรับรู้เหล่านั้นมีผลโดยตรงต่อความตั้งใจซื้อ ตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (Standardized Coefficient Beta) เท่ากับ .308 และค่าสัมประสิทธิ์ไม่มาตรฐาน (Unstandardized Coefficient B) เท่ากับ .362 แสดงว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์มากขึ้นเมื่อรับรู้ว่าการบริโภคข้าวอินทรีย์ช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รองลงมาคือ การรับรู้ด้านสุขภาพ (Beta = .247, B = .228) ซึ่งสะท้อนถึงการตระหนักรู้ในประโยชน์ด้านสุขภาพจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย และสุดท้ายคือ การรับรู้ด้านคุณภาพ (Beta = .173, B = .177)

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบ $Y = 1.001 + .177X_1 + .228X_2 + .362X_3$

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน $Z = .173X_1 + .247X_2 + .308X_3$

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ปัจจัยด้านการไว้วางใจ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์

การตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	beta	T	Sig.
(ค่าคงที่)	1.059	.128		8.268	.001
ความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์	.456	.050	.483	9.100	.001*
ความไว้วางใจในผู้ผลิต	.301	.047	.341	6.423	.001*

R = .783 adjusted R square = .612 F = 303.332 Sig = .000*

*หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรด้านความไว้วางใจทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ ความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์ และ ความไว้วางใจในผู้ผลิต มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า Sig. ของทั้งสองตัวแปรอยู่ที่ .001 แสดงว่าทั้งสองปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจของผู้บริโภคในการซื้อข้าวอินทรีย์ โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ ความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (Standardized Coefficient Beta) เท่ากับ .483 และค่าสัมประสิทธิ์ไม่มาตรฐาน (Unstandardized Coefficient B) เท่ากับ .456 แสดงว่าผู้บริโภคจะมีความตั้งใจซื้อมากขึ้นหากรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์ข้าวอินทรีย์มีความน่าเชื่อถือ ปลอดภัย และมีคุณภาพ ส่วน ความไว้วางใจในผู้ผลิต มีค่า Beta เท่ากับ .341 และค่า B เท่ากับ .301

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบ $Y= 1.059 + .456X_1 + .301X_2$

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน $Z= .483X_1 + .341X_2 +$

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ปัจจัยด้านการไว้วางใจและปัจจัยด้านการรับรู้ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์

การตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	beta	T	Sig.
(ค่าคงที่)	.635	.131		4.850	.001
การรับรู้	.388	.049	.375	7.939	.001*
ความไว้วางใจ	.471	.045	.489	10.355	.001*

R = .816 adjusted R square = .664 F = 380.657 Sig = .000*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่+ระดับ 0.05

จากตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) พบว่าทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลต่อความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดย การรับรู้ มีค่าสัมประสิทธิ์ไม่มาตรฐาน (B) เท่ากับ .388 และค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (Beta) เท่ากับ .375 ขณะที่ ความไว้วางใจ มีค่า B เท่ากับ .471 และค่า Beta เท่ากับ .489 โดยมีค่า Sig. ของทั้งสองตัวแปรเท่ากับ .001 ซึ่งหมายความว่าผู้บริโภคที่มีการรับรู้ในแง่ของคุณภาพ สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม รวมถึงมีความไว้วางใจทั้งในผลิตภัณฑ์และผู้ผลิต จะมีแนวโน้มในการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบ $Y= .635 + .388X_1 + .471X_2$

สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน $Z= .375X_1 + .489X_2$

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวด้วยตารางเมทริกซ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี (Peason correlation)

ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านการรับรู้และการการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์

ตัวแปรอิสสระ		การรับรู้ด้านคุณภาพ	การรับรู้ด้านสุขภาพ	การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม	การตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์
การรับรู้ด้านคุณภาพ	Pearson Correlation	1			
	Sig. (2-tailed)	.000			
	n	385			
การรับรู้ด้านสุขภาพ	Pearson Correlation	.724**	1	.	
	Sig. (2-tailed)	.000			
	n	385	385		
การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม	Pearson Correlation	.665**	.818**	1	
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	
	n	385	385	385	
การตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์	Pearson Correlation	.623**	.706**	.725**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	n	385	385	385	385

*หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ทุกตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความสัมพันธ์ที่สูงที่สุดปรากฏระหว่าง การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม กับ พฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .725 แสดงว่าผู้บริโภคที่ตระหนักถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตข้าวอินทรีย์มีแนวโน้มที่จะตั้งใจซื้อสูงขึ้นเช่นกัน รองลงมาคือ การรับรู้ด้านสุขภาพ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ .706 แสดงว่าการตระหนักรู้ในประโยชน์ของข้าวอินทรีย์ต่อสุขภาพ เช่น ความปลอดภัยจากสารเคมีและโภชนาการที่ดี ส่งผลต่อเจตนาซื้อในเชิงบวก และสุดท้ายคือ การรับรู้ด้านคุณภาพ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ .623 แม้จะเป็นค่าที่น้อยที่สุดในกลุ่ม แต่ยังอยู่ในระดับสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยด้านการรับรู้ทั้ง 3 ด้านมีความสัมพันธ์กันเองในระดับสูงเช่นกัน โดยเฉพาะระหว่างการรับรู้ด้านสุขภาพกับการรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่มีค่าสัมประสิทธิ์สูงถึง .818 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงกันของแนวคิดในการบริโภคอย่างปลอดภัยและใส่ใจต่อสภาพแวดล้อม

สรุปผล และอภิปรายผล

จากผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของการตัดสินใจซื้อของ ผู้บริโภคที่มีต่อข้าวอินทรีย์ ผลการวิจัย พบว่า ภาพรวมผู้บริโภคมีระดับความตั้งใจซื้ออยู่ในระดับ มากที่สุด การศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sukkrarat (2018) ที่พบว่า ความรู้ที่ดีของผู้บริโภคเกี่ยวกับสินค้าอินทรีย์มีผลบวกต่อการบริโภคสินค้าเกษตรอินทรีย์ ทั้งนี้การมีความรู้ความเข้าใจที่ดีย่อมส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าเกษตรอินทรีย์ทั้งอดีตปัจจุบันและอนาคตนั่นแสดงให้เห็นถึงการที่ผู้บริโภคตระหนักถึงคุณค่าทางอาหารของสินค้า และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirirat and Wimonpan (2020) ที่พบว่าเหตุผลในการเลือกซื้อข้าวอินทรีย์ คือมีคุณค่าทางโภชนาการต่อสุขภาพนั่นแสดงให้เห็นถึงการที่ผู้บริโภคตระหนักถึงคุณค่าทางอาหารของสินค้า และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirirat and Wimonpan (2020) ที่พบว่าเหตุผลในการเลือกซื้อข้าวอินทรีย์ คือมีคุณค่าทางโภชนาการต่อสุขภาพ และสะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความสนใจที่จะใช้ช่องทางออนไลน์ในการเลือกซื้อข้าวอินทรีย์อย่างจริงจังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tommanee (2023) และ Worapongpat, SaintphuKhiao, Wongkumchai, Muangmee, and Limlertrid (2023) พบว่า สื่อสังคมออนไลน์ส่งผลถึงการรับรู้และการเข้าถึงสินค้า หากมีการโฆษณาและประชาสัมพันธ์จนผู้บริโภคมีความมั่นใจต่อคุณภาพของสินค้า ได้รับข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องจะเป็นการเพิ่มความมั่นใจ จะช่วยกระตุ้นการรับรู้การเข้าถึง และการสั่งซื้อสินค้าได้

จากผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวอินทรีย์ พบว่า ตัวแปรด้านการรับรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การรับรู้ด้านคุณภาพ, การรับรู้ด้านสุขภาพ และ การรับรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ล้วนมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับยุ่น หนาน ซุน (2560) ได้วิจัยเรื่อง การรับรู้คุณค่าที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อผักและผลไม้ออร์แกนิคของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า การรับรู้คุณค่าด้านราคา การรับรู้คุณค่าด้านสุขภาพ การรับรู้คุณค่าด้านปลอดภัย และการรับรู้คุณค่าด้านคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อผัก และผลไม้ออร์แกนิคของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนการรับรู้คุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมไม่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อผักและผลไม้ออร์แกนิคของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร

จากผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ความไว้วางใจส่งผลต่อข้าวอินทรีย์ ผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรด้านความไว้วางใจทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ ความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์ และความไว้วางใจในผู้ผลิตมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตั้งใจซื้อข้าวอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า Sig.ของทั้ง สองตัวแปรอยู่ที่ .001 แสดงว่าทั้งสองปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจของผู้บริโภคในการซื้อข้าวอินทรีย์ โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ ความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับ(Kim & Ko, 2012; Ismail, 2017) ความภักดีของลูกค้าได้มาจากความพึงพอใจ ของลูกค้าเนื่องจากพวกเขาไว้วางใจแบรนด์ขององค์กร (Razak & Shamsudin, 2019) ลูกค้าที่ภักดีจะไว้วางใจแบรนด์ดังนั้นพวกเขาจึงมีแนวโน้มที่จะใช้จ่ายมากขึ้น (Shamsudin et al., 2018)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ สำเร็จอย่างสมบูรณ์ไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากความช่วยเหลือในการทำวิจัยจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลลภา พัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนให้ปรึกษาและแนะนำในการตรวจสอบ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย ด้วยความละเอียดและทุ่มเทเป็นอย่างดี ทางผู้วิจัยมีความซาบซึ้งถึงความเอาใจใส่และความตั้งใจของอาจารย์อย่างยิ่ง ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ทั้งนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิจัยฉบับนี้เป็นประโยชน์ทางการศึกษาและสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

ชยพล ศิริกุล. (2566). การพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์การเกษตร. ใน รายงานการประชุมมาตรฐานสินค้า เกษตรและอาหารแห่งชาติ (ปีที่ 1, หน้า 25–30). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

ธนกฤต ตปนีย์ และสุรสิทธิ์ บุญชูนนท์. (2561). อิทธิพลของคุณภาพการบริการที่มีผลต่อความไว้วางใจ ความพึงพอใจ การบอกต่อและการกลับมาใช้บริการซ้ำของผู้ใช้บริการรถแท็กซี่สาธารณะ. วารสารวิชาการ การตลาดและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 5(2), 101–120.

นิรันดร์ ธรรมรักษ์. (2566). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักศึกษา. วารสารการศึกษา, 25(2), 45– 60.

ประยุทธ์ เกษตรกุล. (2566). การศึกษาการผลิตข้าวอินทรีย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารการเกษตร ยั่งยืน, 12(1), 34–50.

ปรีชา วงศ์ดี. (2566). การพัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์. วารสารเทคโนโลยีการศึกษา, 15(2), 45– 60.

ยุ่น หนาน ซุน. (2560). *การรับรู้คุณค่าที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อผักและผลไม้ออร์แกนิคของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ] http://dspace.bu.ac.th/jspui/handle/123456789/2579

วิทยา สุขเจริญ. (2565). การศึกษาเกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์ในภาคอีสาน. วารสารวิจัยการเกษตร, 15(3), 45–58.

ปรีชา วงศ์ดี. (2566). การพัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์. วารสารเทคโนโลยีการศึกษา, 15(2), 45–60.

สมเกียรติ ใจเย็น. (2565). การวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในยุคดิจิทัล. วารสารการเกษตรและเทคโนโลยี, 20(2), 120–135.

Kim, A. J., & Ko, E. (2012). Title of article Do social media marketing activities enhance customer equity? An empirical study of luxury fashion brand. Journal Nameof Business Research, Volume65(Issue)(10), pages1480–1486.

Razak, A. A., & Shamsudin, M. F. (2019). The influence of product innovation on customer loyalty in the food industry. International Journal of Innovation and Technology

Management, 16(3), 1950015–1–1950015–18.

Sukkrarat, K. (2018). Attitudes, Behaviors, and Related Factors of Organic Product Consumers. Retrieved March 20, 2022, from http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_5909034539_9205_10354.pdf. (in Thai)

Sirirat, T., & Wimonpan, A. (2020). Marketing Communication Channels toward Consumer Organic Rice Buying Behavior in Thailand. Journal of Mass Communication Technology RMUTP, 5(2), 19–28.

Shamsudin, M. F., Esa, S. A., & Ali, A. M. (2018). Determinants of Customer Loyalty Towards theHotel Industry in Malaysia. International Journal of Innovation, Creativity, and Change, 6(9), 21–29.

Tommanee S. (2023). Satisfaction Toward Distribution Channels of Organic Vegetables Through Social Media on Facebook Fan Pages: A Case Study of ABC Organic Farms.

Journal of Community Development and Life Quality, 11(2), 135–142.

Worapongpat, N., SaintphuKhiao, N., Wongkumchai, T., Muangmee, C., & Limlertrid, T. (2023). Exploring Digital Marketing Strategies on Online Social Media and Developing Brand and Product Labels for Organic Agricultural Products of the Rai Khing Rice Mill Community Enterprise in Nakhon Pathom Province. Journal of

Value Chain Management and Business Strategy, 2(4), 61–74. Kim, A. J., & Ko, E. (2012). Do social media marketing activities enhance customer equity? An empirical study of luxury fashion brand. Journal of Business Research, 65(10), 1480–1486

อิทธิพลของ Influencer ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y

The influence of influencers on the purchase decision of luxury products among generation y consumers

นภัสกร จันทร์พูล[1] ดารินทร์ญา เอียดเปรียว[1*] และ วัลลภา พัฒนา[1]

Naphatsakorn Chanphun[1], Darinya Aeadpreaw[1*] and Wanlapa Phattana[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของ ผู้บริโภค Gen Y 2) เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นของอิทธิพลของ Influencer 3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง อิทธิพลของ Influencer ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y โดยเก็บข้อมูลแบบ วิธีการเลือกตัวอย่างแบบสะดวก โดยใช้แบบสอบถามกับผู้บริโภค Gen Y จำนวน 400 ตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา วิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคุณ (Multiple Regression Analysis) พบว่า อิทธิพลของ Influencer 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความน่าดึงดูด ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ และด้านความมีชื่อเสียงส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y

คำสำคัญ: Influencer, การตัดสินใจซื้อ

Abstract

This study aimed to: (1) examine the level of opinions regarding luxury product purchasing decisions among Generation Y consumers; (2) investigate the level of opinions toward influencer influence; and (3) examine the relationship between influencer influence and luxury product purchasing decisions among Generation Y consumers. Convenience sampling was employed to collect data from 400 Generation Y consumers through a structured questionnaire. The data were analyzed using descriptive statistics, inferential statistics, and multiple regression analysis. The results revealed that influencer influence in terms of attractiveness, expertise, and popularity had a significant impact on luxury product purchasing decisions among Generation Y consumers.

Keywords: Influencer, Purchase decision

[1] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

[2] Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

* Corresponding author : naphatsakorn.c@rmutsvgmail.com

บทนำ

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน กลยุทธ์การตลาดผ่านผู้ทรงอิทธิพลในสื่อสังคมออนไลน์ หรือ Influencer Marketing ได้กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสื่อสารแบรนด์อย่างมีประสิทธิภาพผู้บริโภคมากถึง ร้อยละ 69 ให้ความไว้วางใจในคำแนะนำจาก Influencer มากกว่าข้อมูลที่ได้รับโดยตรงจากแบรนด์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของ Influencer ในการสร้างความน่าเชื่อถือและความเชื่อมโยงในระดับ บุคคลกับกลุ่มเป้าหมาย อันเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ แบรนด์กว่าร้อยละ 36 พบว่าเนื้อหาที่ผลิตโดย Influencer สามารถสร้างอัตราการมีส่วนร่วมที่สูงกว่าเนื้อหาที่จัดทำโดยแบรนด์เอง ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการดึงดูดความสนใจและโน้มน้าวใจผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิผล อุตสาหกรรมการตลาดผ่าน Influencer ยังมีแนวโน้มการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีมูลค่าตลาดคาดการณ์ว่าจะสูงถึง 24,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐภายในสิ้นปี 2024 ซึ่งสะท้อนถึงการยอมรับและการลงทุนอย่างจริงจังของภาคธุรกิจในกลยุทธ์ดังกล่าว ทั้งนี้ การเลือกใช้ Influencer ยังจำแนกตามระดับจำนวน ผู้ติดตาม ได้แก่ Nano, Micro, Mid-tier, Macro และ Mega Influencers เพื่อให้เหมาะสมกับงบประมาณและเป้าหมายของแต่ละแคมเปญ โดยเฉพาะกลุ่ม Micro-influencers ซึ่งมีอัตราการมีส่วน ร่วมสูงสุดที่ร้อยละ 2.19 ถือเป็นกลุ่มที่ได้รับความนิยมอย่างมากในหมู่นักการตลาดยุคใหม่ นอกจากนี้แพลตฟอร์มยอดนิยมที่แบรนด์เลือกใช้สำหรับแคมเปญ Influencer ได้แก่ TikTok, Instagram และ YouTube ซึ่งตอบโจทย์พฤติกรรมผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับเนื้อหาที่เป็นภาพเคลื่อนไหวและสื่อบันเทิงออนไลน์ ด้วยปัจจัยข้างต้น Influencer ไม่เพียงเป็นผู้สร้างเนื้อหา แต่ยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการ สื่อสารเชิงกลยุทธ์ระหว่างแบรนด์กับผู้บริโภค โดยมีผลต่อทั้งการรับรู้แบรนด์ การตัดสินใจซื้อ และการสร้างภาพลักษณ์ของสินค้าและบริการในระยะยาว (Dopson, 2024)

ในยุคที่การแข่งขันทางธุรกิจทวีความรุนแรง การเจาะกลุ่มลูกค้าอย่างแม่นยำกลายเป็นกุญแจสำคัญสู่ความสำเร็จของแบรนด์ โดยเฉพาะกลุ่ม Gen Y-Wealth หรือ “เจนวายล่ำซำ” ซึ่งแม้จะมีเพียง 1% ของประชากร Gen Y ทั้งหมด แต่กลับครองสัดส่วนการใช้จ่ายมากถึงร้อยละ 30 ของมูลค่าตลาดรวม กลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นทายาทนักธุรกิจและผู้ประกอบการรุ่นใหม่ที่ประสบความสำเร็จจากธุรกิจอีคอมเมิร์ซและเทคโนโลยี มีพฤติกรรมการใช้จ่ายสูงในสินค้าฟุ่มเฟือย เช่น นาฬิกาหรู เครื่องประดับระดับไฮเอนด์ และแฟชั่นดีไซเนอร์ เพื่อแสดงถึงสถานะทางสังคมและรสนิยมส่วนบุคคล อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับแนวคิด “Quiet Luxury” ที่เน้นความหรูหราอย่างเรียบง่ายและทรงคุณค่า พร้อมลงทุนในสินค้าบิวตี้ระดับพรีเมียม เช่น แป้งชิมเมอร์ ผลิตภัณฑ์ลดริ้วรอย และน้ำหอมลักชูรี่ เพื่อเสริมภาพลักษณ์และสร้าง “Personal Branding” ที่ยั่งยืน นอกจากนี้ ยังให้คุณค่ากับประสบการณ์มากกว่าการครอบครองสินค้า ผ่านการเข้าร่วม Privilege Club หรือกิจกรรมพิเศษต่าง ๆ อีกทั้งมีพฤติกรรมการช้อปปิ้งแบบไร้รอยต่อระหว่างโลกออนไลน์และออฟไลน์ โดยใช้บริการอีคอมเมิร์ซและ Personal Shopper มากกว่ากลุ่มอื่นถึง 4 เท่า รวมถึงนิยมใช้แอปพลิเคชันเดลิเวอรี เช่น LINE MAN ซึ่งสะท้อนถึงไลฟ์สไตล์ที่ยืดหยุ่น ทันสมัย และให้ความสำคัญกับความเป็นส่วนตัวในการจับจ่าย (Thestandard.co, 2025)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเห็นถึงปัญหาของแนวโน้มของธุรกิจว่าจะมีการแข่งขันที่สูงขึ้นกว่าเดิมและมีฐานลูกค้ามากขึ้น พฤติกรรมของลูกค้าที่เปลี่ยนไปและให้ความสำคัญในด้านความน่าเชื่อถือ ด้านความมีชื่อเสียง มากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยมุ่งเน้นศึกษาถึงปัจจัยอิทธิพลของ Influencer ที่มีผล ต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y ที่มีตัวแปรดังนี้ 1) ด้านความน่าดึงดูด 2) ด้านความน่าเชื่อถือ 3) ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ 4) ด้านความมีชื่อเสียง มาศึกษาพร้อมคาดว่าผลการวิจัยน่าจะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มองค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยอิทธิพลของอินฟูเรนเซอร์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจ ซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยในของ Gen Y และประโยชน์ต่อ

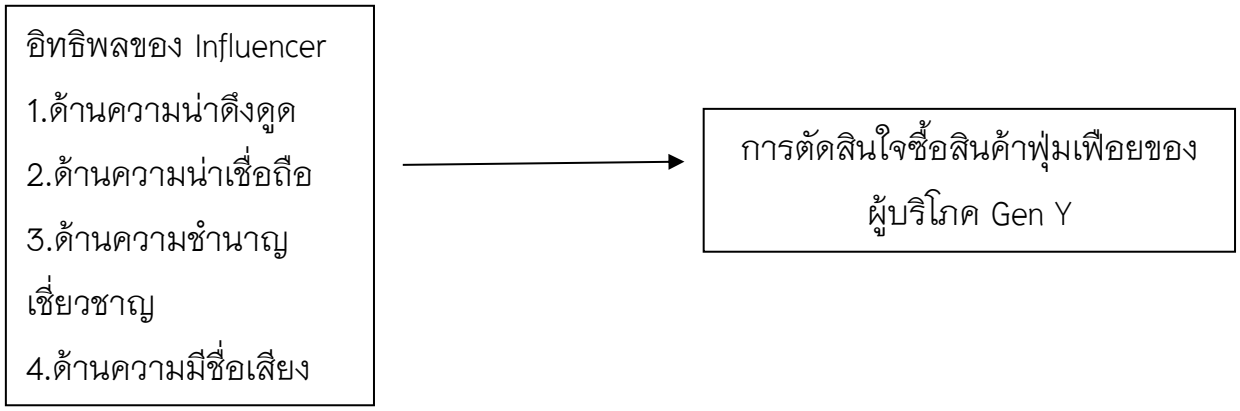
ผู้ประกอบการสามารถนำผลสรุปจากงานวิจัยไปใช้ในการวางแผนดำเนินธุรกิจ เพื่อเพิ่มยอดขายและสร้างกำไรให้แก่ธุรกิจได้มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y
2. เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นของอิทธิพลของ Influencer
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของ Influencer ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าพุ่มเฟือยของผู้บริโภค GenY

กรอบแนวคิด

ตัวแปรต้น (Independent Variable) **ตัวแปรตาม(Dependent Variable)**



วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง อิทธิพลของ Influencer ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y จึงกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริโภค Gen Y ที่ตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือย ในพื้นที่จังหวัดสงขลา

กลุ่มตัวอย่าง ผู้บริโภค Gen Y ที่ตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือย ในพื้นที่จังหวัดสงขลา เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน การเลือกกลุ่มตัวอย่างจะใช้วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างแบบไม่ทราบจำนวนประชากรของ Cochran (1977) โดยการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% คิดขนาดค่าความคลาดเคลื่อนที่ 5% ซึ่งสามารถแสดงสูตรได้ดังนี้

$$n = \frac{z^2}{4e^2}$$

โดย n= ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

z= ระดับความเชื่อมั่นกำหนดที่ 95%

e=ค่าความเคลื่อนที่ยอมรับได้โดยกำหนดที่ ± 5%

สามารถคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรดังกล่าวได้ดังนี้

$$n = \frac{1.96^2}{4(0.05)^2}$$

n= 384.16 หรือ 385 คน

ดังนั้น ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณที่ใช้ในวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 385 ตัวอย่าง และเพื่อป้องกันความผิดพลาดการตอบแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ จึงได้ทำการสำรองกลุ่มตัวอย่างเพิ่มอีก 15 คน ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับวิจัยในครั้งนี้ จึงมีเท่ากับ 400 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถามปลายปิด (Closed-End Questionnaire) โดยผู้วิจัยสร้างขึ้นจากแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาพัฒนาเป็นข้อคำถาม ซึ่งลักษณะของแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 5 ข้อ โดยค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าความถี่ (Frequency Distribution) และค่าร้อยละ (Percentage) ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับอิทธิพลของ Influencer ลักษณะคำถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยค่าสถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.) ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y ลักษณะคำถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยค่าสถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.) หลังจากนั้น แบบสอบถามได้ถูกนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ผลการวิเคราะห์พบว่าด้านความน่าดึงดูดมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.941 ด้านความน่าเชื่อถือเท่ากับ 0.952 ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญเท่ากับ 0.944 และด้านความมีชื่อเสียงเท่ากับ 0.949 ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงและสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างเหมาะสม เมื่อผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความเชื่อมั่นแล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างตามที่กำหนด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ สามารถนำไปวิเคราะห์ผลการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและการทดสอบสมมติฐาน ทำการประมวลผลจากการทำข้อมูลที่จะได้จาก แบบสอบถาม มาประมวลผลด้วยโปรแกรมสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้มีดังนี้

1 การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) แสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบตารางโดยใช้ค่าสถิติอัน ได้แก่ แจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับอิทธิพลของ Infuencer แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความน่าดึงดูด ด้านความน่าเชื่อถือ ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ ด้านความมีชื่อเสียง โดยค่าสถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย (Average, Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D.)

2) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค GenY โดยค่าสถิติที่ใช้ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (Standard Deviation, S.D.)

2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าสถิติเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรอิสระ และทดสอบสมมติฐาน โดยทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) อิทธิพลของ Influencer มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y โดยมีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation)

2) อิทธิพลของ Influencer มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y โดยมีการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยค่าสถิติ Multiple – Regression

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค GenY

n=400

อิทธิพลของ Influencer	$\bar{x}$	S.D.	แปล	อันดับ
ท่านคิดว่า Infencerที่มีบุคลิกภาพดึงดูดช่วยกระตุ้นให้ท่านอยากซื้อสินค้าฟุ่มเฟือย	3.55	0.961	มาก	2
ท่านรู้สึกว่าภาพลักษณ์ของ Influencer มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของท่าน	3.49	0.958	มาก	4
ท่านเชื่อมั่นในคำแนะนำของ Influencer ที่แสดงความจริงใจและซื่อสัตย์และมีผลต่อการ ตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยมากขึ้น	3.49	0. 958	มาก	4
ท่านให้ความสำคัญกับความรู้และความชำนาญของ Influencer ในการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยมากน้อยเพียงใด	3.57	0.963	มาก	1
ท่านรู้สึกว่าชื่อเสียงของ Influencer มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของท่าน	3.51	0.960	มาก	3
รวม	**3.52**	**.952**	**มาก**	

จากตารางที่ 1

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y พบว่า โดยภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในระดับ มาก ($\bar{x}$ =3.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงตามลำดับจากตาราง พบว่า ข้อ "ท่านให้ความสำคัญความรู้และความชำนาญของ Influencer ในการ ตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยน้อยเพียงใด" มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (($\bar{x}$ =3.57) ซึ่งอยู่ในระดับ มาก รองลงมาคือข้อ "ท่านคิดว่า Infuencer ที่มีบุคลิกภาพน่าดึงดูดช่วยกระตุ้นให้ท่านอยากซื้อสินค้าฟุ่มเฟือย" ($\bar{x}$ =3.55) ซึ่งอยู่ในระดับ มาก และข้อ "ท่านรู้สึกว่าชื่อเสียงของ Infuencer มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของ ท่าน" ($\bar{x}$ =3.51) ซึ่งอยู่ในระดับ มาก ตามลำดับ ขณะที่ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (แต่ยังคงอยู่ในระดับมาก)คือ "ท่านรู้สึกว่าภาพลักษณ์ของ Influencer มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของท่าน" และ "ท่านเชื่อมั่นในคำแนะนำของ Inuencer ที่แสดงความจริงใจและซื่อสัตย์และมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า ฟุ่มเฟือยมากขึ้น" ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ ($\bar{x}$ =3.49)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของ Influencer ในภาพรวม

n=400

อิทธิพลของ Influencer	$\bar{x}$	**S.D.**	**แปล**	**อันดับ**
ด้านความน่าดึงดูด	3.40	.944	มาก	2
ด้านความน่าเชื่อถือ	3.19	.914	มาก	3
ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ	3.40	.906	มาก	2
ด้านความมีชื่อเสียง	3.43	.954	มาก	1
รวม	**3.36**	**.854**	**มาก**	

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความคิดเห็นอิทธิพลของ Influencer ในภาพรวม พบว่า โดยภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในระดับ มาก ($\bar{x}$ =3.36) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความมีชื่อเสียง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ =3.43) อยู่ในระดับ มาก รองลงมาคือ ด้านความ ดึงดูด และ ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ ($\bar{x}$ =3.40) อยู่ในระดับ มาก ตามลำดับขณะที่ด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ด้านความน่าเชื่อถือ ($\bar{x}$ =3.19) ซึ่งอยู่ในระดับ มาก

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระหว่างอิทธิพลของ Influencer ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ สินค้าพุ่มเฟือยของผู้บริโภค GenY

n=400

อิทธิพลของ Influencer	ค่าสถิติ	การตัดสินใจ	ความน่าดึงดูด	ความน่าเชื่อถือ	ความเชี่ยวชาญ	ความมีชื่อเสียง
การตัดสินใจ	Correlation	1				
	P-value					
ด้านความน่าดึงดูด	Correlation	.837**	1			
	P-value	.000				
ด้านความน่าเชื่อถือ	Correlation	.679**	.786**	1		
	P-value	.000	.000			
ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ	Correlation	.804**	.818**	.768**	1	
	P-value	.000	.000	.000		
ด้านความมีชื่อเสียง	Correlation	.793**	.816**	.688**	.874**	1
	P-value	.000	.000	.000	.000	

** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 3

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของ Influencer กับการตัดสินใจ ซื้อสินค้า พบว่า ตัวแปรทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความน่าดึงดูด ความน่าเชื่อถือ ความชำนาญเชี่ยวชาญ และความมีชื่อเสียง มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อสินค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับการตัดสินใจซื้อคือ ความน่าดึงดูด (r = .837) รองลงมาคือ ความชำนาญเชี่ยวชาญ (r = .804) ความมีชื่อเสียง (r = .793) และความน่าเชื่อถือ (r = .679) ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของอิทธิพลของ Influencer มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y

n=400

อิทธิพลของ Influencer	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	P– Value
	B	SE	Beta		
ค่าคงที่(Constant)	.371	.097		3.820	.000*
ด้านความน่าดึงดูด(x_1)	.524	.053	.520	9.974	.000*
ด้านความน่าเชื่อถือ(x_2)	–.059	.046	–.057	–1.299	.195*
ด้านความชำนาญ (x_3) เชี่ยวชาญ	.294	.062	.280	4.710	.000*
ด้านความมีชื่อเสียง(x_4)	.163	.056	.163	2.919	.004*
R = 0.867	R^2 = 0.751		R^2 = 0.748		df = 4/395
F = 297.782	Seest = 0.477		P–Value = 0.000*		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4

โดยการใช้สมการถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) พบว่า มี 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าในร้านค้าภายใต้อิทธิพลของ Influencer อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ ด้านความน่าเชื่อถือ (x_1) ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ (x_3) และด้านความมีชื่อเสียง (x_4) โดยมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการตัดสินใจซื้อสินค้า (R= 0.867) และสามารถอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจซื้อสินค้าได้ร้อยละ 75.1 (R^2 = 0.751) ดังนั้นสามารถเขียนสมการถดถอยพหุคุณในรูปแบบสมการมาตรฐานได้ดังนี้ จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ พบว่ามีตัวแปรอิสระ 3 ตัวไม่ได้มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค ได้แก่ ด้านความน่าดึงดูด (x_1) ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ (x_3) และด้านความมีชื่อเสียง (x_4) โดยมีรายละเอียดดังนี้

$\hat{Y}$=0.371 +0.5246(x_1) +0.2946(x_3) + 0.163(x_4)

คะแนนมาตรฐาน

$\hat{Z}$y=0.520Z (x_1)+0.280Z(x_3) +0.163Z(x_4)

สรุปผลได้ว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภคมากที่สุด คือ ด้านความน่าดึงดูดรองลงมาคือ ด้านความชำนาญเชี่ยวชาญ และด้านความมีชื่อเสียงตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของ Influencer มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค Gen Y

สรุปผลและอธิปรายผล

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาความสำคัญของการตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค GenY ทั้งนี้เนื่องจากผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือย เพราะ Influencer ที่มีบุคลิกภาพน่าดึงดูดช่วยกระตุ้นให้ท่านอยากซื้อสินค้าฟุ่มเฟือย ภาพลักษณ์ของ Influencer มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า ฟุ่มเฟือย และเชื่อมั่นในคำแนะนำของ Influencer ความสำคัญกับความรู้และความชำนาญของ Influencer ในการตัดสินใจซื้อสินค้าพุ่มเฟือย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย สุพัตรา โพนเมืองหล้า (2566) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ประสบการณ์ ความน่าเชื่อถือ ความน่าดึงดูดใจ ประโยชน์ด้านเนื้อหา และกระแสความ นิยม ของผู้ทรงอิทธิพลทางความคิด (Influencer) ที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมซ้ำของ ผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร พบว่า ประสบการณ์ของผู้ทรงอิทธิพลทางความคิดส่งผลต่อความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมซ้ำ ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร มาก

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาความสำคัญของอิทธิพลของ Influencer ทั้งนี้เนื่องจาก ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้าพุ่มเฟือย เพราะทางร้านมี Influencer ที่มีบุคลิกภาพน่าดึงดูด มีความรู้และความชำนาญ มีชื่อเสียงรวมถึง มีความน่าเชื่อถือ ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง อิทธิพลของบุคคลผู้มีชื่อเสียง (Influencer) ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำหอม พบว่า อิทธิพลของบุคคลที่มีชื่อเสียง (Influencer) การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย จริยา แก้วหนองสังข์ (2564)ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง อิทธิพลของบุคคลผู้มีชื่อเสียง (Influencer) ที่มีผต่อการตัดสินใจซื้อน้ำหอม พบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของ Influencer ที่มีผลต่อการ ตัดสินใจซื้อสินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค GenY พบว่าอิทธิพลของ Infuencer ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ สินค้าฟุ่มเฟือยของผู้บริโภค GenY มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้แก่ ด้านความน่าเชื่อถือ ด้านความชำนาญ เชี่ยวชาญ และด้านความมีชื่อเสียง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย นลินนิภา เรืองธนากร (2565) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง อิทธิพลของความน่าเชื่อถือของผู้มีอิทธิพลทางความคิดเสมือนจริงต่อพฤติกรรมผู้บริโภคพบว่า ด้านความเชี่ยวชาญ ด้านความน่าไว้วางใจ และด้านความน่าดึงดูดใจ ซึ่งเป็นตัวแปรต้นต่อทัศนคติต่องานโฆษณา ทัศนคติต่อตราสินค้า และความตั้งใจซื้อ กลุ่มตัวอย่างคือผู้บริโภคชาวไทย สำหรับด้านความน่าเชื่อถือไม่มีผลต่อนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่องอิทธิพลของ Infuencer ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าพุ่มเฟือยของ ผู้บริโภค GenY ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาการวิจัยการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ประจำปีการศึกษา 2567 ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วัลลภา พัฒนา ที่ให้คำปรึกษาและกำลังใจในการทำงานครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณผู้บริโภค ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ตลอดจนการอนุเคราะห์ ทุกประการให้กับคณะผู้วิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และเจ้าหน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยทุกท่าน สำหรับการอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงานจนการวิจัยครั้งนี้สามารถดำเนินงานสำเร็จเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

จริยา แก้วหนองสังข์. (2564). อิทธิพลของบุคคลผู้มีชื่อเสียง (Influencer) ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำหอม [The influence of celebrities (influencers) on consumers' decision to purchase perfume]. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

นลินนิภา เรืองธนากร. (2565). อิทธิพลของความน่าเชื่อถือของผู้มีอิทธิพลทางความคิดเสมือนจริงต่อพฤติกรรมผู้บริโภค [The influence of virtual influencers' credibility on consumer behavior]. วิทยานิพนธ์ปริญญาการตลาดมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

สุพัตรา โพนเมืองหล้า. (2566). ประสบการณ์ ความน่าเชื่อถือ ความน่าดึงดูดใจ และกระแสความนิยมของผู้ทรงอิทธิพลทางความคิด (Influencer) ที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมซ้ำของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร [Experience, credibility, attractiveness, and popularity of influencers affecting consumers' repurchase intention of hair care products in Bangkok]. วารสารบริหารธุรกิจและสังคมศาสตร์, 6(2),45–58.

Dopson, E. (2024). The power of influencer marketing in digital consumer behavior. Retrieved from https://www.example.com

The Standard. (2025). Gen Y–Wealth: กลุ่มผู้บริโภคเจนวายล่ำซำกับพฤติกรรมการใช้จ่ายในสินค้าฟุ่มเฟือย [Gen Y–Wealth: Affluent Gen Y consumers and their spending behavior on luxury goods]. Retrieved from https://www.thestandard.co

Dopson, E. (2024, January 15). The power of influencer marketing in digital consumer behavior. https://www.example.com

The Standard. (2025, March 10). Gen Y–Wealth: กลุ่มผู้บริโภคเจนวายล่ำซำกับพฤติกรรมการใช้จ่ายในสินค้าฟุ่มเฟือย [Gen Y–Wealth: Affluent Gen Y consumers and their spending behavior on luxury goods]. https://www.thestandard.co

Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.

การตั้งถิ่นฐานและความสัมพันธ์กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์บนเส้นทางประวัติศาสตร์อาณาจักรล้านนาบนฐานข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงประวัติศาสตร์ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–24

Settlement and Geographical Factors along the Historical Routes of the Lanna Kingdom Based on Historical Geographic Information System (HGIS) during the 22nd–24th Buddhist Centuries

ศศิพัชร์ หาญฤทธิ์[1*] และ กัลยาณี สายสุข[2]

Sasiphat Harnrit[1*] and Kalayanee Saisuk[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการตั้งถิ่นฐานและความสัมพันธ์ระหว่างการตั้งถิ่นฐานกับปัจจัยทางภูมิศาสตร์บนเส้นทางประวัติศาสตร์อาณาจักรล้านนาในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–24 โดยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพและการบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่ประวัติศาสตร์

การศึกษาพบว่า รูปแบบการตั้งถิ่นฐานของล้านนามีพลวัตอย่างสูงตามปัจจัยทางการเมืองที่เปลี่ยนแปลงไป ในช่วง พุทธศตวรรษที่ 22–23 (พ.ศ. 2100 – 2300) การตั้งถิ่นฐานมีความผูกพันกับ ปัจจัยทางธรรมชาติ โดยชุมชนกระจุกตัวใน แอ่งที่ราบหุบเขา และใกล้แหล่งน้ำ ภูมิประเทศนี้ทำหน้าที่เป็น ตัวแบ่งพื้นที่ทางการเมือง ทำให้เกิดโครงสร้างอำนาจแบบหลวมและมี ลำดับชั้นโดยอำนาจที่แท้จริงของเมืองศูนย์กลางจำกัดอยู่เฉพาะแอ่งของตนเอง การปกครองของพม่าทำให้เกิดการ ย้ายถิ่นฐานและการกวาดต้อน ประชากรอย่างต่อเนื่อง ในช่วง พุทธศตวรรษที่ 24 (พ.ศ. 2300 – 2400) ล้านนาเปลี่ยนจาก "ยุคเมืองร้าง" สู่ "ยุคฟื้นฟู" ภายใต้นโยบาย "เก็บผักใส่ซ้า เก็บข้าใส่เมือง" ของสยาม ปัจจัยทางการเมืองการปกครองเข้ามามีอิทธิพลเหนือ ภูมิศาสตร์กายภาพ รัฐสยามใช้การ ย้ายถิ่นฐานโดยนโยบาย (กวาดต้อนไทลื้อ ไทเขิน) เพื่อฟื้นฟูเมืองหลักและใช้ ภูมิศาสตร์ในการ สลายภูมิภูมินามเดิม และอัตลักษณ์ของคำว่า "ล้านนา" ผ่านการจัดตั้ง มณฑลพายัพ เพื่อผนวกดินแดนสู่รัฐชาติ การตั้งถิ่นฐานจึงเปลี่ยนเป็นรูปแบบ รวมศูนย์เพื่อสร้างโครงสร้างเมืองเชิงยุทธศาสตร์

คำสำคัญ: การตั้งถิ่นฐานล้านนา, ภูมิศาสตร์เชิงประวัติศาสตร์, ภูมิศาสตร์การเมือง, แอ่งที่ราบหุบเขา, ภูมินาม

[1] คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[2] คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

[1] Faculty of Social Sciences, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai 57100

[2] Faculty of Humanities and Social Sciences, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai 57100

* Corresponding author: sasiphat.mek@crru.ac.th

Abstract

This research aims to study the settlement patterns and their relationship with geographical factors along the historical routes of the Lanna Kingdom during the 22nd–24th Buddhist Centuries (c. 1675–1875) using qualitative research methods and historical spatial data integration. The study reveals that Lanna's settlement patterns were highly dynamic, influenced significantly by changing political factors.

During the 22nd–23rd Buddhist Centuries (c. 1657–1780), settlements were intrinsically linked to Natural factors, congregating in intermontane basins and near water sources. This topography acted as a geo-political boundary, fostering a loose structure with a hierarchy where the real authority of the central cities was confined to their own basins. Burmese rule caused continuous population fluctuation and forced migration.

In the 24th Buddhist Century (c. 1780–1916), Lanna transitioned from a "depopulation era" to an "era of restoration" under Siam's "Gathering people to populate the cities" policy. Political Geography became the dominant factor over Physical Geography. The Siamese state used policy-driven migration (e.g., forced migration of Tai Lue and Tai Khuen) to rebuild key cities (Central Place Re-establishment). Furthermore, Toponymy (Geographical Naming) was used as a political tool to erase the original geographical identity of Lanna through the establishment of Phayap Monthon (Northwest Circle), thereby annexing the territory into the Siamese nation-state. Settlement shifted towards a Nucleated Settlement pattern, focusing on building strategic urban structures.

Keywords: Lanna Settlement, Historical Geographic Information System (HGIS), Political Geography, Intermontane Basin, Toponymy

บทนำ (Introduction)

การศึกษาการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์เป็นสิ่งที่ทำให้ให้เข้าใจถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมที่ตั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์อย่างอาณาจักรล้านนา ซึ่งเป็นศูนย์กลางทางวัฒนธรรมและอำนาจในภาคเหนือของประเทศไทยมาอย่างยาวนาน การวิจัยนี้มีที่มาจากการตระหนักถึงความจำเป็นในการทำความเข้าใจพลวัตของการกระจายตัวของชุมชนและเมืองต่างๆ บน "เส้นทางประวัติศาสตร์" ที่เชื่อมโยงพื้นที่หลักของอาณาจักร การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการตั้งถิ่นฐานในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22-24 (ประมาณ ค.ศ. 1675-1825) ถือเป็นช่วงเวลาหัวเลี้ยวหัวต่อที่ล้านนาเผชิญกับการแทรกแซงจากภายนอกและการปรับตัวภายใน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมืองอย่างมีนัยสำคัญ (นเรศ นันทโรจน์, 2558) ข้อมูลที่กระจัดกระจายและขาดการบูรณาการในอดีตทำให้การวิเคราะห์ภาพรวมของการตั้งถิ่นฐานเป็นไปได้ยาก (ธเนศวร์ เจริญเมือง, 2552) ดังนั้น การประยุกต์ใช้ "ฐานข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงประวัติศาสตร์" (Historical Geographic Information System – HGIS) จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการรวบรวม จัดการ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลา เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับปัจจัยขับเคลื่อนและรูปแบบเฉพาะของการตั้งถิ่นฐานในยุคดังกล่าวได้อย่างเป็นระบบและแม่นยำยิ่งขึ้น

การตั้งถิ่นฐานของชาวล้านนามีความผูกพันอย่างแยกไม่ออกกับสภาพภูมิศาสตร์และสิ่งแวดล้อม นักวิชาการสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเหตุใดชุมชนจึงมักกระจุกตัวอยู่ตาม "แอ่ง" ที่ราบกว้างใหญ่ เช่น แอ่งเชียงใหม่–ลำพูน หรือแอ่งลำปาง และมักตั้งอยู่ใกล้เส้นทางแม่น้ำสายหลักและสาขา เช่น แม่น้ำปิง วัง ยม หรือน่าน เพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคและการเพาะปลูกข้าว การศึกษาเรื่องนี้ช่วยเผยให้เห็นภูมิปัญญาในการปรับตัวของบรรพชนในการเลือกทำเลที่ตั้งที่อุดมสมบูรณ์ ปลอดภัยจากภัยธรรมชาติ และเอื้อต่อการทำมาหากิน ซึ่งรวมถึงการตั้งชื่อหมู่บ้านตามแหล่งน้ำ สันดิน หรือพันธุ์ไม้ท้องถิ่น ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ถึงนิเวศวัฒนธรรมที่ชุมชนได้กลั่นกรองและสืบทอดมา

เพื่อเป็นการศึกษาการตั้งถิ่นฐานในบริบททางประวัติศาสตร์ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างแหล่งตั้งถิ่นฐานกับเส้นทางคมนาคม การค้า และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติในอดีตจะช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าใจในภูมิปัญญาในการเลือกที่ตั้งของชุมชนชาวล้านนา (อนุภาพ เสนาขันธ์, 2560) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาพัฒนาการของอาณาจักรล้านนาได้ในมิติเชิงพื้นที่และเวลา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทั้งนักวิชาการสาขาประวัติศาสตร์ โบราณคดี ภูมิศาสตร์ และการวางผังเมือง นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้ยังสามารถนำไปใช้เป็นรากฐานในการอนุรักษ์และพัฒนาแหล่งมรดกทางประวัติศาสตร์ตลอดแนวเส้นทางสำคัญของล้านนา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางประวัติศาสตร์และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมอย่างยั่งยืนในอนาคต จึงทำให้เกิดการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการตั้งถิ่นฐานความสัมพันธ์ระหว่างการตั้งถิ่นฐานกับปัจจัยทางภูมิศาสตร์บนเส้นทางประวัติศาสตร์อาณาจักรล้านนาบนฐานข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงประวัติศาสตร์ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–24

วิธีการศึกษา (Materials and Methods)

งานวิจัยเรื่องการตั้งถิ่นฐานบนเส้นทางประวัติศาสตร์อาณาจักรล้านนาบนฐานข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงประวัติศาสตร์ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–24 ใช้แนวทางการวิจัยเชิงคุณภาพในการศึกษาโดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

1.ข้อมูลและการเก็บข้อมูล

ทำการศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสารวิชาการ บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้าง ขอบเขตพื้นที่และช่วงเวลาศึกษา ที่ชัดเจนของอาณาจักรล้านนาในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–24 เพื่อระบุและรวบรวม เส้นทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญ เช่น เส้นทางการค้า เส้นทางทัพ เส้นทางคมนาคมระหว่างเมืองเพื่อรวบรวม หลักฐานการตั้งถิ่นฐาน ในพื้นที่และช่วงเวลาศึกษาจากเอกสาร รวมถึงงานวิจัยทางโบราณคดี ประวัติศาสตร์ และภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

2.การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะมุ่งเน้นที่การค้นหา รูปแบบการตั้งถิ่นฐาน และปัจจยที่ทำให้เกิดการตั้งถิ่นฐานและเส้นทางประวัติศาสตร์ การแปลงข้อมูลสู่เชิงพื้นที่ (Spatially Enabling Data): แปลงข้อมูลจากเอกสารประวัติศาสตร์ เช่น ตำนาน พงศาวดาร ใบลาน หรือจารึก (ที่กล่าวถึงการตั้งถิ่นฐาน เส้นทาง ชื่อบ้านนามเมือง ฯลฯ) ให้เป็น ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Points, Lines, Polygons) ในระบบ GIS เพื่อให้สามารถแสดงและวิเคราะห์บนแผนที่เชิงประวัติศาสตร์ได้

3.การเสนอผลการวิจัย

เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นเพื่อแสดงถึง รูปแบบการตั้งถิ่นฐาน และ ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ของชุมชน/เมืองล้านนาที่สำคัญบนเส้นทางประวัติศาสตร์ ในช่วงที่ล้านนาประสบกับการเปลี่ยนแปลงทางการเมืองและเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Correlation Analysis):

- ศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างตำแหน่งของการตั้งถิ่นฐานกับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ เช่น แหล่งน้ำ (แม่น้ำ/ห้วย), ลักษณะภูมิประเทศ (แอ่งที่ราบ/ที่สูง), และ ทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อระบุปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่ส่งผลต่อการเลือกที่ตั้ง
- วิเคราะห์ความหนาแน่นของการตั้งถิ่นฐานตาม เส้นทางประวัติศาสตร์ ที่สำคัญ (เช่น เส้นทางค้าขาย เส้นทางเดินทัพ) เพื่อทำความเข้าใจการกระจายตัวของชุมชน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา (Temporal Change Analysis)

- ซ้อนทับข้อมูลการตั้งถิ่นฐานและเส้นทางในช่วงเวลาต่างๆ ภายในพุทธศตวรรษที่ 22-24 เพื่อแสดงให้เห็นพลวัต และ การเปลี่ยนแปลง (เช่น การเกิดใหม่ การลดลง หรือการย้ายที่ตั้ง) ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับการควบคุมของพม่า การฟื้นฟู และความขัดแย้ง
- วิเคราะห์ความหมายของการเปลี่ยนแปลงนี้ตาม บริบททางประวัติศาสตร์ เช่น อิทธิพลของอำนาจศูนย์กลาง (เชียงใหม่หรือเมืองอื่นที่อยู่ภายใต้การควบคุม), การอพยพของกลุ่มชาติพันธุ์ หรือการปรับตัวต่อภัยสงคราม

ผลการศึกษา (Results)

การวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ การตั้งถิ่นฐานและเส้นทางประวัติศาสตร์ในอาณาจักรล้านนา ระหว่างช่วงพุทธศตวรรษที่ 22-24 ซึ่งเป็นช่วงเวลาแห่งความผันผวนทางอำนาจและเป็นจุดเปลี่ยนที่สำคัญในประวัติศาสตร์ล้านนา การศึกษาใช้แนวทางเชิงคุณภาพ โดยอาศัยการตีความข้อมูลจากเอกสารประวัติศาสตร์โบราณ ผนวกกับการใช้ฐานข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงประวัติศาสตร์ ในการสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ เพื่อให้ได้มาซึ่งความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับพลวัตของชุมชนและโครงข่ายการคมนาคม แบ่งตามช่วงเวลา ดังนี้

การตั้งถิ่นฐานในอาณาจักรล้านนาช่วงพุทธศตวรรษที่ 22-23 ช่วงราว พ.ศ. 2100 – 2300

รูปแบบการตั้งถิ่นฐานและอิทธิพลทางภูมิศาสตร์ที่กำหนดโครงสร้างสังคมและการเมืองในพื้นที่ของล้านนาและรัฐสยาม (อยุธยา) ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–23 (ซึ่งเทียบได้กับช่วงประมาณปี ค.ศ. 1657–1780) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ล้านนาประสบกับความเสื่อมถอยทางการเมือง ขณะที่อยุธยาเป็นศูนย์กลางการค้าที่มีความเป็นเมืองสูงและหลากหลายเชื้อชาติ

การตั้งถิ่นฐานของชาวล้านนามีความผูกพันอย่างแยกไม่ออกกับสภาพภูมิศาสตร์และสิ่งแวดล้อม โดยชุมชนจึงมักกระจุกตัวอยู่ตาม "แอ่ง" ที่ราบกว้างใหญ่ เช่น แอ่งเชียงใหม่-ลำพูน หรือแอ่งลำปาง และมักตั้งอยู่ใกล้เส้นทางแม่น้ำสายหลักและสาขา เช่น แม่น้ำปิง วัง ยม หรือน่าน เพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคและการเพาะปลูกข้าว การศึกษาเรื่องนี้ช่วยให้เห็นภูมิปัญญาในการปรับตัวของบรรพชนในการเลือกทำเลที่ตั้งที่อุดมสมบูรณ์ ปลอดภัยจากภัยธรรมชาติ และเอื้อต่อการทำมาหากิน ซึ่งรวมถึงการตั้งชื่อหมู่บ้านตามแหล่งน้ำ สันดิน หรือพันธุ์ไม้ท้องถิ่น ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ถึงนิเวศวัฒนธรรมที่ชุมชน

การตั้งถิ่นฐานในอาณาจักรล้านนาช่วงพุทธศตวรรษที่ 22-23 ควรพิจารณาจากปัจจัยทางภูมิศาสตร์และการเมืองการปกครองในขณะนั้น ซึ่งเป็นช่วงที่ล้านนาอยู่ภายใต้การปกครองของพม่าเป็นส่วนใหญ่

ภูมิหลังทางภูมิศาสตร์และโครงสร้างการตั้งถิ่นฐานเดิมการตั้งถิ่นฐานของล้านนาโดยทั่วไปอาศัยอยู่ในแอ่งที่ราบลุ่มแม่น้ำสำคัญต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นที่อุดมสมบูรณ์ เหมาะแก่การเพาะปลูกและการคมนาคม:

- แอ่งลุ่มแม่น้ำปิง: (เชียงใหม่–ลำพูน) มี เชียงใหม่ เป็นศูนย์กลางเดิมที่สำคัญทางเศรษฐกิจและการเมือง
- แอ่งลุ่มแม่น้ำวัง: (ลำปาง)
- แอ่งลุ่มแม่น้ำกก: (เชียงราย)
- แอ่งลุ่มแม่น้ำอิง: (พะเยา)
- แอ่งลุ่มแม่น้ำยม: (แพร่)
- แอ่งลุ่มแม่น้ำน่าน: (น่าน)

เมืองต่าง ๆ มักก่อตั้งเป็น นครรัฐอิสระ หรือ หัวเมือง ที่มีอำนาจปกครองตนเองในระดับหนึ่ง โดยมีเส้นทางคมนาคมโบราณเชื่อมโยงกัน แม้ในยุคพุทธศตวรรษที่ 22–23 ก็ยังคงมีการใช้เส้นทางเหล่านี้สำหรับการติดต่อ ค้าขาย และการทหาร

ลักษณะการตั้งถิ่นฐานในช่วง พ.ศ. 2100 – 2300 (ยุคพม่าปกครอง)ช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–24 (ประมาณต้น พ.ศ. 2100 ถึงต้น พ.ศ. 2300) เป็นช่วงที่ล้านนาอยู่ภายใต้การปกครองของอาณาจักรพม่า ลักษณะการตั้งถิ่นฐานจึงได้รับอิทธิพลจากนโยบายและการเมืองอย่างมาก:

1. ความผันผวนและความไม่มั่นคง:
    - การปกครองของพม่าทำให้เกิดความผันผวนทางการเมืองและการทหารบ่อยครั้ง ส่งผลให้เกิดการกวาดต้อนผู้คน และการ อพยพโยกย้ายถิ่นฐาน ของประชากรเป็นวงกว้าง (เช่น กรณีเมืองเชียงแสนที่ถูกกวาดต้อนผู้คนไปตั้งถิ่นฐานตามเมืองต่าง ๆ ในช่วงปลายยุคนี้)
    - เมืองหลักบางแห่งอาจถูกละทิ้งหรือลดความสำคัญลงชั่วคราว ทำให้การตั้งถิ่นฐานในพื้นที่เหล่านี้ไม่หนาแน่นเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับช่วงรุ่งเรืองเดิม
2. ความสำคัญของเมืองยุทธศาสตร์และศูนย์กลางการปกครองท้องถิ่น:
    - เมืองที่พม่าใช้เป็นฐานในการปกครองหรือเมืองที่สามารถรักษาอำนาจท้องถิ่นไว้ได้ยังคงมีบทบาท แต่รูปแบบสถาปัตยกรรมและวัฒนธรรมอาจได้รับอิทธิพลจากพม่า เช่น งานสถาปัตยกรรมบางแห่งในลำปางที่พัฒนาขึ้นในสมัยพม่าปกครอง (เช่น มณฑปพระเจ้าล้านทอง วัดพระธาตุลำปางหลวง) บ่งชี้ว่าลำปาง น่าจะเป็นหนึ่งในศูนย์กลางที่มีความมั่นคงของการตั้งถิ่นฐานและกิจกรรมทางศาสนาในช่วงเวลานั้น
3. บทบาทของเส้นทางการค้า:
    - แม้จะมีความวุ่นวาย แต่เส้นทางการค้าก็ยังคงมีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการค้าในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ขยายตัวมากขึ้นจากการเข้ามาของพ่อค้าตะวันตก การตั้งถิ่นฐานตามเส้นทางหลักหรือใกล้แหล่งทรัพยากรที่ใช้ในการค้า (เช่น ของป่า เครื่องเทศ) อาจยังคงอยู่หรือฟื้นตัวขึ้น
4. รูปแบบการตั้งถิ่นฐานแบบท้องถิ่น:
    - เนื่องจากปัญหาการคมนาคมที่ยากลำบากในภูมิประเทศแบบที่ราบสูง เมืองราชธานีจึงไม่ได้มีอำนาจในการควบคุมท้องถิ่นมากนัก ทำให้ชุมชนเล็ก ๆ หรือท้องถิ่นต่าง ๆ ยังคงมีการปกครองตนเองอย่างอิสระ และมีการตั้งถิ่นฐานกระจัดกระจายอยู่ในแอ่งลุ่มแม่น้ำและพื้นที่เกษตรกรรมที่สำคัญ

จะเห็นได้ว่ารูปแบบการตั้งถิ่นฐานและอิทธิพลทางภูมิศาสตร์ในล้านนาในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–23 อาณาจักรล้านนาตกอยู่ในสถานะ ประเทศราชของจักรวรรดิตองอู (นับตั้งแต่ พ.ศ. 2101 เป็นต้นมา) ส่งผลให้โครงสร้างทางการเมืองเริ่มสลายตัว แต่ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ยังคงกำหนดรูปแบบการตั้งถิ่นฐานและอำนาจไว้อย่างชัดเจน:

ก. อิทธิพลของภูมิประเทศต่อโครงสร้างอำนาจ

1. โครงสร้างแบบหลวมและการจำกัดอำนาจ: ลักษณะทางธรรมชาติของล้านนาที่เป็น ภูเขาสูงสลับกับแอ่งที่ราบหุบเขา ถือเป็นตัวกำหนดการตั้งถิ่นฐานและวิถีชีวิต ภูมิประเทศนี้ได้ทำหน้าที่เป็น ตัวแบ่งพื้นที่ทางการเมือง (Geo-political boundary) ของล้านนา
2. พิสัยอำนาจที่แท้จริง: แม้เวียงเชียงใหม่ (Wiang Chiang Mai) จะถูกจัดเป็นศูนย์กลางสูงสุดในเชิง อุดมคติ (Ideal range) ในฐานะราชธานี แต่ผลการวิเคราะห์ยืนยันว่า ขอบเขตพิสัยที่เป็นจริง (Real range) ของอำนาจในการปกครองดูแลของผู้นำเวียงเชียงใหม่นั้น จำกัดอยู่เฉพาะบริเวณแอ่งที่ราบเชียงใหม่–ลำพูนเท่านั้น
3. ความอิสระของเมืองนอกศูนย์กลาง: เมื่อพ้นจากเขตอำนาจจริงของเชียงใหม่ออกไป จะปรากฏเวียงโบราณที่มีความสำคัญทางกายภาพเทียบเท่าเวียงเชียงใหม่ (จัดเป็นลำดับชั้นที่ 2) ตามแอ่งที่ราบหุบเขาต่าง ๆ เมืองเหล่านี้ถือเป็นหน่วยทางการเมืองที่มี อิสระในการปกครองตนเอง แต่ยอมรับอำนาจของเมืองเชียงใหม่
4. ลำดับชั้นของการตั้งถิ่นฐาน: รูปแบบการตั้งถิ่นฐานยังคงเป็น ลำดับชั้น (Hierarchy) โดยมี สี่กลุ่มลำดับชั้นของเวียง (Tier 1–4) และมี ชุมชนระดับหมู่บ้าน เป็นลำดับชั้นที่ 5 ชุมชนเหล่านี้สัมพันธ์กับระบบเศรษฐกิจแบบ แจกกระจาย (Redistribution) โดยหมู่บ้านเป็นหน่วยการผลิตสินค้าหลัก (เช่น การเพาะปลูก หรือแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผา) ซึ่งผลผลิตส่วนเกินจะถูกส่งต่อไปยังศูนย์กลางที่สูงขึ้นตามลำดับ

ในช่วง พ.ศ. 2243 (ค.ศ. 1700) เป็นต้นไป การควบคุมของพม่าที่เข้มงวดขึ้นได้นำไปสู่การแตกแยกทางการเมือง ซึ่งปรากฏในรูปศัพท์ของคำว่า "ล้านนา":

1. การแบ่งรัฐตามศูนย์กลาง: ราชสำนักอังวะ (พม่า) ได้ยกสถานะเจ้าเมืองเชียงแสนให้เท่ากับเจ้าเมืองเชียงใหม่ ทำให้ล้านนาแตกเป็น ล้านนาตอนบน (เชียงแสน) และ ล้านนาตอนล่าง (เชียงใหม่)
2. การระบุอาณาเขตย่อย: มีการผูกคำว่า "ล้านนา" เข้ากับชื่อเมืองอันเป็นศูนย์อำนาจ เพื่อแสดงความชัดเจนว่ากำลังกล่าวถึงล้านนาส่วนใด ตัวอย่างเช่น "ล้านนาเชียงใหม่" ถูกใช้ในจารึกเมื่อ พ.ศ. 2323 (ค.ศ. 1780) เพื่อระบุถึงดินแดนส่วนที่สมเด็จพระเจ้ากรุงธนบุรีสามารถพิชิตได้เท่านั้น การผูกคำในลักษณะนี้แสดงถึงสภาพ ความแบ่งแยกของล้านนา เป็นแคว้นย่อยที่มีศูนย์อำนาจอยู่ที่เมืองต่าง ๆ
3. อัตลักษณ์ชาติพันธุ์: มีการใช้คำว่า "ล้านนาไทย/ไท" เพื่อเน้นย้ำถึงความเป็น คนไทยวน ซึ่งเป็นประชากรหลักของล้านนา เพื่อแยกความแตกต่างจากผู้ปกครองที่เป็นชาติพันธุ์อื่น เช่น พม่า หรือไทใหญ่.

โดยสรุป ช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–23 เป็นช่วงที่การตั้งถิ่นฐานในล้านนาได้รับผลกระทบจากความไม่มั่นคงทางการเมืองภายใต้การปกครองของพม่า เกิดการย้ายถิ่นฐานและการกวาดต้อนประชากร แต่โครงสร้างการตั้งถิ่นฐานเดิมที่อิงกับแอ่งที่ราบลุ่มแม่น้ำและเส้นทางการค้ายังคงเป็นปัจจัยหลักในการดำรงอยู่ของชุมชน ซึ่งเมืองที่สามารถรักษาความมั่นคงหรือเป็นฐานทางยุทธศาสตร์จะมีความโดดเด่นมากกว่าเมืองอื่น ๆ

การตั้งถิ่นฐานล้านนาในพุทธศตวรรษที่ 24 (พ.ศ. 2300 – 2400)

พุทธศตวรรษที่ 24 ช่วงราว พ.ศ.2300 – 2400 ในช่วงต้นเป็นช่วงฟื้นจากพม่า มีพม่าปกครองอยู่ที่เชียงแสน หลัง 2325 – 2347 เป็นช่วงฟื้นฟูบ้านเมือง ล้านนาเป็นประเทศราชในราชสำนักสยาม การตั้งถิ่นฐานของพื้นที่ล้านนาในช่วงพุทธศตวรรษที่ 24 (ราว พ.ศ. 2300 – 2400) เป็นการศึกษาภูมิศาสตร์มนุษย์ที่ได้รับอิทธิพลอย่างรุนแรงจากปัจจัยทางการเมืองและประชากรศาสตร์ โดยช่วงเวลานี้ถือเป็นจุดเปลี่ยนที่สำคัญจาก "ยุคไร้คน" ไปสู่ "ยุคฟื้นฟู" ที่มีการจัดระเบียบการตั้งถิ่นฐานขึ้นใหม่ภายใต้อำนาจของสยาม รูปแบบการตั้งถิ่นฐานและปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่สำคัญของอาณาจักรล้านนาในช่วง พุทธศตวรรษที่ 24 (พ.ศ. 2394–2500) ซึ่งเป็นช่วงหัวเลี้ยวหัวต่อของการสิ้นสุดสถานะรัฐจารีตของล้านนา และการผนวกเข้าเป็นส่วนหนึ่งของรัฐสยามสมัยใหม่ภายใต้อิทธิพลของลัทธิอาณานิคมในช่วงเวลานี้ ปัจจัยทางการเมืองการปกครอง (Political Geography) ได้เข้ามามีอิทธิพลเหนือกว่า ปัจจัยทางภูมิศาสตร์กายภาพ ในการกำหนดรูปแบบการตั้งถิ่นฐานและการจัดโครงสร้างของดินแดนแม้ว่าการเมืองจะเปลี่ยนไป แต่ปัจจัยทางภูมิศาสตร์กายภาพดั้งเดิมยังคงเป็นพื้นฐานของการตั้งถิ่นฐานในชีวิตประจำวัน:

- แอ่งที่ราบหุบเขา: รูปแบบการตั้งถิ่นฐานยังคงกระจายตัวในบริเวณ แอ่งที่ราบหุบเขา ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่อุดมสมบูรณ์ และเป็นพื้นฐานในการนิยามความหมายของ "ลานนา" (ทำเลทำนา) โดยรัฐบาลสยาม.
- การคมนาคม: ที่ตั้งเมืองสำคัญ เช่น เชียงใหม่และลำพูน มักอยู่ใกล้แหล่งน้ำที่ใช้ในการติดต่อคมนาคม.

1. ภูมิศาสตร์การตั้งถิ่นฐานช่วงต้น (พ.ศ. 2300 – 2325): ยุคเมืองร้างและความไม่แน่นอน ในช่วงต้นพุทธศตวรรษที่ 24 สภาพภูมิศาสตร์มนุษย์ของล้านนาส่วนใหญ่อยู่ในภาวะ "เมืองร้าง" (Depopulation) โดยเฉพาะเมืองหลวงเก่าอย่างเชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย ซึ่งได้รับผลกระทบจากสงครามและการกวาดต้อนผู้คนในสมัยพม่าปกครอง เมืองใหญ่ในแอ่งที่ราบลุ่มแม่น้ำจึงลดบทบาทจากศูนย์กลางการปกครองกลายเป็นเพียงซากของกำแพงดินและคูเมือง

- รูปแบบการตั้งถิ่นฐาน: การตั้งถิ่นฐานที่หลงเหลืออยู่มีความ กระจัดกระจาย (Dispersed Settlement) และไม่เป็นทางการ ประชากรที่เหลือรอดมักหลบซ่อนตัวอยู่ในพื้นที่กันดาร เชิงเขา หรือ ป่าทึบ ซึ่งเข้าถึงได้ยาก (Refuge Areas) เพื่อหลีกเลี่ยงภัยสงครามและการกวาดต้อน ลักษณะของชุมชนจะเป็นหมู่บ้านขนาดเล็ก พึ่งพาตนเอง และมุ่งเน้นความมั่นคงทางอาหารเป็นหลัก (Subsistence Agriculture) แทนการรวมตัวในเมืองใหญ่
- ภูมิศาสตร์ความขัดแย้ง: ในขณะที่พื้นที่ส่วนกลาง (เช่น แอ่งเชียงใหม่) สงบเงียบเนื่องจากไร้ผู้คน แต่ทางเหนือสุดของภูมิภาคยังคงเป็นพื้นที่เผชิญหน้า โดยเฉพาะ เมืองเชียงแสน ซึ่งถูกพม่าใช้เป็นฐานที่มั่นสุดท้ายการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำกกจึงยังคงมีความเสี่ยงสูง และไม่เหมาะสำหรับการฟื้นฟูในระยะแรก

2. ภูมิศาสตร์การตั้งถิ่นฐานช่วงฟื้นฟู (หลัง พ.ศ. 2325): นโยบายการเมืองกับการจัดระเบียบพื้นที่หลังจากการรวมล้านนาเข้าเป็นประเทศราชของสยาม และการทำสงครามขับไล่พม่าโดย พระเจ้ากาวิละ และทายาทในตระกูลเจ้าเจ็ดตน การตั้งถิ่นฐานได้เข้าสู่ยุค "การฟื้นฟู" (Restoration and Re-establishment) ซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยนโยบายทางการเมืองอย่างชัดเจน ภายใต้แนวคิด "เก็บผักใส่ซ้า เก็บข้าใส่เมือง" (Gathering people to populate the cities)

- ปัจจัยขับเคลื่อนทางภูมิศาสตร์มนุษย์:มีรูปแบบการย้ายถิ่นฐานโดยนโยบาย (Policy-driven Migration): การฟื้นฟูเมืองหลักไม่สามารถทำได้ด้วยการเพิ่มประชากรตามธรรมชาติ แต่ต้องใช้วิธี กวาดต้อน (Forced/Encouraged Migration) ประชากรกลุ่มชาติพันธุ์ไทต่าง ๆ เช่น ไทลื้อ ไทเขิน ไทใหญ่ และชนกลุ่มน้อยอื่น ๆ จากรัฐไทใหญ่

(Shan States) และสิบสองปันนา มาตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ล้านนา เมืองเหล่านี้จึงกลายเป็น เมืองที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ (Ethnic Mosaic Settlement)

- การฟื้นฟูศูนย์กลางเมือง (Central Place Re-establishment): การตั้งถิ่นฐานเน้นการฟื้นฟูเมืองหลักในแอ่งที่ราบลุ่มที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจและยุทธศาสตร์สูงตามลำดับชั้นของ นครรัฐ (Principalities) ได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน แพร่ และน่าน การสร้างกำแพงเมืองและคูเมืองขึ้นใหม่เป็นการกำหนด ขอบเขตพื้นที่ตั้งถิ่นฐานหลัก (Urban Footprint) ที่เน้นความสามารถในการป้องกันตนเอง (Defensibility) และการควบคุมทรัพยากรเกษตรกรรมรอบนอก
    - บทบาทของแอ่งที่ราบลุ่ม: แอ่งที่ราบลุ่มแม่น้ำปิง วัง และน่าน กลายเป็นหัวใจสำคัญของการฟื้นฟู เพราะเป็นที่ตั้งของระบบชลประทานโบราณและมีพื้นที่นาอุดมสมบูรณ์ ซึ่งจำเป็นต่อการรองรับประชากรที่เข้ามาใหม่และสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจแก่รัฐประเทศราช
    - การยุบรวมและการจัดระเบียบ: การทำลาย เมืองเชียงแสน โดยสิ้นเชิงหลัง พ.ศ. 2347 และการกวาดต้อนประชากรไปกระจายในเมืองต่าง ๆ (เชียงใหม่ ลำปาง น่าน) ถือเป็นปฏิบัติการทางภูมิศาสตร์ที่มีผลกระทบต่อการตั้งถิ่นฐานที่สำคัญที่สุดครั้งหนึ่ง เป็นการ ลบศูนย์กลางอำนาจเดิม ในลุ่มน้ำกก เพื่อป้องกันการใช้เป็นฐานที่มั่นของศัตรูในอนาคต และใช้ประชากรนั้นในการ เสริมสร้างความแข็งแกร่งให้แก่เมืองหลักที่ฟื้นฟูใหม่

รูปแบบการตั้งถิ่นฐาน: ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 24 รูปแบบการตั้งถิ่นฐานของล้านนาถูกจัดระเบียบใหม่ตามการปฏิรูปของรัฐบาลสยาม โดยมีเป้าหมายเพื่อ รวมศูนย์อำนาจและสลายความเป็นรัฐอิสระ ของนครรัฐล้านนาเดิมแม้ว่าโครงสร้างการตั้งถิ่นฐานดั้งเดิมของล้านนาจะมีลักษณะเป็น ลำดับชั้น (Hierarchy) โดยมีเวียงโบราณ (Wiang) แบ่งออกเป็น 4 ลำดับชั้น และมีชุมชนหมู่บ้านเป็นลำดับชั้นที่ 5 ซึ่งแต่ละเมืองมีอำนาจในการปกครองตนเองค่อนข้างอิสระเนื่องจากลักษณะ ภูมิประเทศแบบภูเขาสลับแอ่งที่ราบ แต่ในช่วงนี้ โครงสร้างเดิมเหล่านี้ได้ถูกแทนที่ด้วยหน่วยงานบริหารส่วนภูมิภาคของสยาม:

1. การรวมกลุ่มหัวเมือง: ในช่วงแรก รัฐสยามได้รวมเอาเมืองหลักของล้านนาตอนล่าง ได้แก่ นครลำปาง ลำพูน และเชียงใหม่ เข้าเป็น “สามหัวเมือง”
2. การจัดตั้งมณฑล (Monthon System): ต่อมา รัฐสยามได้จัดหัวเมืองดังกล่าวเข้าสู่ระบบมณฑลเทศาภิบาล โดยขอบเขตการปกครองได้ขยายครอบคลุมนครแพร่และน่านด้วย:
    - ช่วงแรกใช้ชื่อว่า "หัวเมืองลาวเฉียง"
    - ใน ค.ศ. 1899 (พ.ศ. 2442) ได้มีการยกเลิกสถานะประเทศราชของห้าเมืองหลักของล้านนา และเปลี่ยนชื่อเป็น "มณฑลตะวันตกเฉียงเหนือ" ก่อนจะเปลี่ยนเป็น "มณฑลพายัพ" (Phayap Monthon) ในที่สุด
3. การนิยามพื้นที่ใหม่: การเปลี่ยนชื่อมณฑลตามทิศทางภูมิศาสตร์โดยยึดกรุงเทพฯ เป็นศูนย์กลาง (เช่น "มณฑลพายัพ") นั้น เป็นการดำเนินการเพื่อ ลบความหมายความเป็นรัฐอิสระ ของล้านนา และเน้นย้ำว่าดินแดนนี้เป็นเพียงส่วนตะวันตกเฉียงเหนือของรัฐสยามเท่านั้น
4. การจัดตั้งจังหวัด (Changwat): ใน ค.ศ. 1916 (พ.ศ. 2459) รัฐบาลสยามได้เปลี่ยนคำเรียกหน่วยการปกครองระดับต่ำกว่ามณฑลจาก “เมือง” เป็น “จังหวัด”

ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 24 ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่โดดเด่นที่สุดคือ ภูมิศาสตร์คำ (Toponymy) ซึ่งถูกใช้เป็นเครื่องมือทางการเมืองเพื่อผนวกดินแดนมีการสลายภูมิภูมินามเดิมรัฐสยามได้สลายความหมายและอัตลักษณ์ของคำว่า "ล้านนา" ในการใช้งานทางการปกครอง คำว่า "ล้านนา" ซึ่งมีความหมายเชื่อมโยงกับอาณาจักรเอกราชได้ เลือนหายไปจากการใช้งานในระบบราชการสยาม และถูกจัดสรรให้มีที่ทางใหม่ในตำราประวัติศาสตร์เท่านั้น

การตั้งถิ่นฐานในช่วงพุทธศตวรรษที่ 24 จึงเปลี่ยนจากรูปแบบกระจัดกระจายและไม่มั่นคงในยุคต้น มาเป็นการตั้งถิ่นฐานแบบรวมศูนย์ (Nucleated Settlement) ที่มุ่งเน้นการสร้าง โครงสร้างเมืองเชิงยุทธศาสตร์ เพื่อรองรับการฟื้นฟูประชากรและเศรษฐกิจ การกระจายตัวของประชากรชาติพันธุ์ที่ถูกกวาดต้อนเข้ามายังสร้างความหลากหลายทางวัฒนธรรมในพื้นที่เมืองใหม่ ทำให้ภูมิศาสตร์วัฒนธรรมของล้านนาในยุคนี้มีความซับซ้อนและมีการผสมผสานของกลุ่มคนอย่างเข้มข้น

วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)

ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–23 ล้านนามีรูปแบบการตั้งถิ่นฐานที่ผูกพันกับสภาพภูมิประเทศแบบภูเขาสูงสลับแอ่งที่ราบหุบเขา โดยชุมชนจะกระจุกตัวตามแอ่งที่ราบและใกล้แม่น้ำสายหลัก ภูมิประเทศนี้ทำให้เกิดโครงสร้างอำนาจแบบหลวมและมีลำดับชั้น โดยอำนาจที่แท้จริงของเวียงเชียงใหม่ (ศูนย์กลางในอุดมคติ) จำกัดอยู่เพียงแค่บริเวณแอ่งเชียงใหม่–ลำพูนเท่านั้น เมืองนอกศูนย์กลาง เช่น เมืองในแอ่งอื่น ๆ จึงมีอิสระในการปกครองตนเองสูง นอกจากนี้ ยังปรากฏการใช้ภูมิศาสตร์คำ เช่น "ล้านนาเชียงใหม่" หรือ "ล้านนาไทย/ไท" เพื่อสะท้อนความแตกแยกทางการเมือง และเน้นย้ำอัตลักษณ์ไทยวนเพื่อแยกจากผู้ปกครองชาวพม่า

ต่อมาในช่วงพุทธศตวรรษที่ 24 ล้านนาได้เข้าสู่ช่วงของการสิ้นสุดสถานะรัฐจารีตและถูกผนวกเข้าสู่รัฐสยามสมัยใหม่ ปัจจัยทางการเมืองการปกครองได้เข้ามามีอิทธิพลเหนือกว่าภูมิศาสตร์กายภาพ รัฐบาลสยามได้สลายโครงสร้างลำดับชั้นเดิมของเวียงต่าง ๆ ผ่านการปฏิรูปสู่ระบบมณฑลเทศาภิบาล โดยเปลี่ยนชื่อเป็น "มณฑลพายัพ" เพื่อลบความหมายความเป็นรัฐอิสระของล้านนา อีกทั้งยังใช้ภูมิศาสตร์คำเป็นเครื่องมือ โดยให้คำว่า "ล้านนา" เลือนหายไปจากระบบราชการ และใช้คำว่า "ลานนาไทย" (ไม่มีวรรณยุกต์โท) แทน เพื่อลบภาพจำ "ลาว" และกลืนชนชาติพันธุ์เข้าเป็น "ไทย" รวมถึงเน้นความหมายทางกายภาพว่าหมายถึง "ทำเลทำนา" การตั้งถิ่นฐานจึงถูกจัดระเบียบใหม่ให้เป็นหน่วยการปกครองส่วนภูมิภาคของสยาม

ข้อสรุปผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างและพัฒนาการของรูปแบบการตั้งถิ่นฐานในล้านนาและอยุธยา โดยสามารถนำมาอภิปรายเชื่อมโยงกับแนวคิดภูมิศาสตร์ประวัติศาสตร์ และทฤษฎีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ (Ekistic Model) ของ Doxiadis ได้ดังนี้การอภิปรายผลจากแนวคิดการตั้งถิ่นฐาน การตั้งถิ่นฐานตามทฤษฎี Ekistics Model (5 ปัจจัย)รูปแบบการตั้งถิ่นฐานที่แตกต่างกันของล้านนาในช่วงพุทธศตวรรษที่ 22–23 สะท้อนถึงความสอดคล้องต่อทฤษฎีปฏิสัมพันธ์ที่แตกต่างกันระหว่าง 5 ปัจจัยพื้นฐานของ Doxiadis: อาณาจักรล้านนา โดยปัจจัยทางธรรมชาติ (Nature): ปัจจัยนี้มีอิทธิต่ออาณาจักรล้านนามีลักษณะภูเขาสูงสลับแอ่งที่ราบ กำหนดให้ชุมชนต้องกระจุกตัวใน แอ่งที่ราบหุบเขา และใกล้แหล่งน้ำ ภูมิประเทศนี้ทำหน้าที่เป็น ตัวแบ่งพื้นที่ทางการเมือง (Geo-political boundary) ซึ่งสะท้อนถึงการที่มนุษย์ต้อง ปรับให้เข้ากับสภาพธรรมชาติ ที่เหมาะสมกับการตั้งถิ่นฐาน ที่พิจารณาปรากฏการณ์การตั้งถิ่นฐานในการเคลื่อนไหวและการพัฒนา โดยเฉพาะด้านภูมิศาสตร์การเมือง และ ภูมิศาสตร์เศรษฐกิจ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน พุทธศตวรรษที่ 22–23 ของล้านนา ถูกกำหนดโดยภูมิศาสตร์กายภาพและระบบเศรษฐกิจแบบ แจกกระจาย (Redistribution)

พุทธศตวรรษที่ 24 ของล้านนา มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง โดย ปัจจัยทางการเมืองการปกครอง เข้ามามีอิทธิพลเหนือปัจจัยทางภูมิศาสตร์กายภาพ รัฐสยามใช้ ภูมิศาสตร์คำ (Toponymy) ในการ สลายภูมิภูมินามเดิม และอัตลักษณ์ของคำว่า "ล้านนา" เพื่อผนวกดินแดนสู่รัฐชาติ

อภิปรายผลการศึกษา

พุทธศตวรรษที่ 22–23: การตั้งถิ่นฐานในยุคความผันผวนและภาวะศูนย์กลางอ่อนแอ (พ.ศ. 2100 – 2300)จากการวิเคราะห์ผ่านแนวคิด ศูนย์กลางแห่งที่ตั้ง (Central Place Theory) และ ภูมิศาสตร์การเมือง (Political Geography) พบว่าในช่วงที่ล้านนาอยู่ภายใต้การปกครองของพม่า ศูนย์กลางเมืองหลักในแอ่งที่ราบลุ่มแม่น้ำ เช่น เชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง ประสบภาวะความอ่อนแอของบทบาทหน้าที่ (Functional Weakness) แม้จะยังคงสถานะทางศาสนาและเศรษฐกิจบางส่วนไว้ได้ แต่พลังในการควบคุมพื้นที่ (Spatial Control) และการให้บริการเชิงพื้นที่ (Service Provision) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากความไม่มั่นคงทางการเมืองและภาวะสงครามที่ยืดเยื้อ ส่งผลให้ไม่เกิดการขยายตัวของเมืองอย่างเป็นระบบ (Systematic Urban Expansion)

ในด้านรูปแบบการตั้งถิ่นฐาน พบว่าถูกกำหนดด้วย ภูมิศาสตร์ความมั่นคง (Security Geography) โดยเปลี่ยนจากการตั้งถิ่นฐานแบบรวมศูนย์เป็น การตั้งถิ่นฐานแบบกระจัดกระจาย (Dispersed Settlement) ประชากรมีการเคลื่อนย้ายเข้าสู่พื้นที่ปลอดภัย (Refuge Areas) ที่ยากต่อการเข้าถึงหรือพื้นที่ยุทธศาสตร์ของกองทัพพม่าเพื่อความปลอดภัย ทำให้เขตเมืองเดิมมีความหนาแน่นต่ำ อย่างไรก็ตาม การตั้งถิ่นฐานตามแนวเส้นทางคมนาคมโบราณยังคงปรากฏให้เห็น เนื่องจากบทบาทความสำคัญของโครงข่ายการค้าสินค้าป่าและสินค้าจากจีน ซึ่งเป็นปัจจัยหล่อเลี้ยงเศรษฐกิจที่ยังหลงเหลืออยู่ในขณะนั้น (ชวิศา ศิริ, 2550)

พุทธศตวรรษที่ 24: การฟื้นฟูการตั้งถิ่นฐานด้วยนโยบายและการจัดระเบียบพื้นที่ (พ.ศ. 2300 – 2400) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการตั้งถิ่นฐานในยุคฟื้นฟูภายใต้อำนาจของสยาม สามารถอธิบายได้ด้วยแนวคิด ภูมิศาสตร์ประชากร (Population Geography) และ การจัดระเบียบพื้นที่ (Spatial Organization) โดยในช่วงแรกการฟื้นฟูศูนย์กลางไม่ได้เกิดขึ้นตามกลไกทางเศรษฐกิจตามธรรมชาติ แต่เป็นลักษณะ ศูนย์กลางแห่งที่ตั้งที่ถูกสร้างโดยนโยบายการเมือง (Politically–Induced Central Place) ผ่านยุทธศาสตร์ "เก็บผักใส่ซ้า เก็บข้าใส่เมือง" ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการพื้นที่ (Spatial Management) โดยการเคลื่อนย้ายประชากร (Migration) จากกลุ่มรัฐไทใหญ่และสิบสองปันนาเข้ามาเติมเต็มในหัวเมืองหลัก (สรัสวดี อ๋องสกุล, 2552; อุษา โสภณพงษ์, 2545)

ลักษณะการตั้งถิ่นฐานในยุคนี้กลับมาเป็น แบบรวมศูนย์ (Nucleated Settlement) ภายในกำแพงเมืองและขยายตัวสู่ที่ราบลุ่มเกษตรกรรมรอบนอก โดยมีโครงสร้างที่สำคัญคือ ความหลากหลายทางชาติพันธุ์ (Ethnic Heterogeneity) ซึ่งสะท้อนผ่านการจัดระเบียบพื้นที่อยู่อาศัยตามกลุ่มชาติพันธุ์ นอกจากนี้ยังพบปรากฏการณ์ การลบตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geographic Deletion) ดังเช่นกรณีการทำลายเมืองเชียงแสนเพื่อตัดรากฐานอำนาจเดิมของพม่า ซึ่งถือเป็นยุทธศาสตร์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างความมั่นคงให้แก่รัฐประเทศราชของสยามอย่างเบ็ดเสร็จ

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) : งบประมาณด้านวิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2568 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

เอกสารอ้างอิง (References)

ชวิศา ศิริ. (2550). การค้าของอาณาจักรล้านนาตั้งแต่ต้นพุทธศตวรรษที่ 19 ถึงต้นพุทธศตวรรษที่ 22 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธเนศวร์ เจริญเมือง. (2550). ล้านนา: จากรัฐจารีตสู่ราชาชาตินิยม. สำนักพิมพ์สายน้ำ.

ธเนศวร์ เจริญเมือง. (2552). การพัฒนาเมืองและพลวัตทางสังคมในล้านนา: อดีต ปัจจุบัน อนาคต. สำนักพิมพ์โครงการจัดตั้งสถาบันศึกษาการพัฒนาล้านนา.

นเรศ นันทโรจน์. (2558). การวิเคราะห์รูปแบบการตั้งถิ่นฐานโบราณในล้านนาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS). วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาโบราณคดี, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ปราชญ์ ปานย้อย. (2560). เมืองชายขอบ: การจัดการประชากรและการตั้งถิ่นฐานในล้านนาภายใต้อิทธิพลของสยาม (พ.ศ. 2325–2442).

ปริญญา กายสิทธิ์. (2528). ประวัติศาสตร์พุทธศาสนาในล้านนาไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 1912 ถึง พ.ศ. 2401 (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์การมหาชน). (ม.ป.ป.). ชุดข้อมูลจารึกพุทธศตวรรษที่ 22. สืบค้นเมื่อ [10 ตุลาคม 2568], จาก https://db.sac.or.th/inscriptions/dataset/detail/12

สรัสวดี อ๋องสกุล. (2555). ประวัติศาสตร์ล้านนา. (พิมพ์ครั้งที่ 9). บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

อนุภาพ เสนาขันธ์. (2560). HGIS กับการวิเคราะห์เส้นทางการค้าและอิทธิพลทางวัฒนธรรมในอาณาจักรล้านนา. วารสารประวัติศาสตร์, 42(2), 1–25.

อุษา โสภณพงษ์. (2545). การฟื้นฟูหัวเมืองล้านนาในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้น (พ.ศ. 2325–2394) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Doxiadis, C. A. (1968). Ekistics: An introduction to the science of human settlements. Oxford University Press.

แนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล

Guidelines for Promoting Students' Public–Minded Behavior in Participating in the Municipal School Waste Bank Operations

พชรมน คำวงค์[1*] พัชรีวรรณ กิจมี[2] สุกัญญา นิมานันท์[2] พรสันต์ เลิศวิทยาวิวัฒน์[2] และ รตนภูมิ โนสุ[2]
Pacharamon Khamwong[1*], Patchareewan Kijmee[2], Sukanya Nimanant[2], Phornsant Lertvitthayavivat[2] and Ratanabhom Nosu[2]

บทคัดย่อ

บทความศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อจัดทำแนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล 2) เพื่อประเมินพฤติกรรมการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล การวิจัยใช้ระเบียบวิธีแบบผสมผสาน กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 คน ครูและนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–6 จากโรงเรียนเทศบาลวัดกู่คำ 90 คน และนักเรียนชุมนุม 15 คน ใช้เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ แบบคำถามปลายเปิด และแบบประเมินพฤติกรรมจิตสาธารณะ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่ ร้อยละ และค่าพัฒนาการสัมพัทธ์

ผลการศึกษาพบว่า 1) แนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะของนักเรียนในการดำเนินงานธนาคารขยะ ได้แก่ (1) การสร้างความเข้าใจและจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม (2) การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ (3) การจัดกิจกรรมที่ดึงดูดใจ (4) การพัฒนาภาวะผู้นำของนักเรียน และ (5) การให้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการธนาคารขยะอย่างเป็นระบบ ตามคู่มือ 7 ขั้นตอน และ 2) ผลการประเมินพฤติกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้น 2.62 เป็น 2.96 และ 3.00 พร้อมค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ 100% ทุกด้าน สะท้อนว่านักเรียนมีความรู้ ความตระหนัก และทักษะปฏิบัติที่ดีขึ้น ทั้งในด้านการคัดแยก การบันทึกข้อมูล การทำงานเป็นผู้นำ และการประชาสัมพันธ์กิจกรรมธนาคารขยะอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: จิตสาธารณะ, ธนาคารขยะ, การจัดการขยะ, การศึกษาเพื่อสิ่งแวดล้อม

[1] นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น จังหวัดเชียงใหม่ 50100

[2] อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก คณะ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น จังหวัดเชียงใหม่ 50100

[1] Faculty of Education, Far Eastern University, Chiang Mai 50100

[2] Faculty of Education, Far Eastern University, Chiang Mai 50100

* Corresponding author : 6690041032@feu.edu

Abstract

This study aimed (1) to develop guidelines for promoting students' prosocial behavior in participating in the operational processes of municipal school waste banks, and (2) to assess students' prosocial behavioral development in engaging with the municipal school waste bank system. A mixed-methods research design was employed. The target groups consisted of five experts, ninety teachers and students from Grade 1–6 at Wat Ku Kham Municipal School, and fifteen students from the school club. The research instruments included an interview form, a workshop training program, open-ended questionnaires, and a prosocial behavior assessment form. Data were analyzed using content analysis, mean, standard deviation, frequency, percentage, and relative development index. The findings revealed that: (1) the guidelines for promoting students' prosocial behavior in waste bank operations comprised five key components: (a) fostering environmental awareness and understanding, (b) building collaborative networks, (c) organizing engaging activities, (d) developing student leadership, and (e) providing systematic knowledge about waste bank processes based on a seven-step manual; and (2) the assessment results indicated continuous improvement in students' behavior. The overall mean scores increased from 2.62 to 2.96 and 3.00, with a relative development index of 100% across all dimensions. This demonstrates enhanced student knowledge, awareness, and practical skills, particularly in waste sorting, data recording, leadership, and effectively communicating waste bank activities.

Keywords: Prosocial Behavior, Waste Bank, Waste Management, Environmental Education

บทนำ

ปัญหาขยะเป็นประเด็นสำคัญระดับโลกที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของมนุษย์ องค์การสหประชาชาติรายงานว่าทั่วโลกผลิตขยะมากกว่า 2 พันล้านตันต่อปี และคาดว่าจะเพิ่มเป็น 3.4 พันล้านตันในปี 2573 แสดงถึงภาระที่เพิ่มขึ้นต่อระบบจัดการขยะทั่วโลก สำหรับประเทศไทยมีขยะมูลฝอยชุมชนเฉลี่ยสูงถึง 24.98 ล้านตันต่อปี หรือราว 68,450 ตันต่อวัน ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นอย่างเร่งด่วนในการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยเฉพาะในสถานศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญทั้งในฐานะแหล่งกำเนิดขยะประเภทพลาสติก กระดาษ และเศษอาหาร และในฐานะพื้นที่ปลูกฝังจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่เยาวชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2564) แม้ว่าขยะเหล่านี้จะสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หากมีการจัดการที่เหมาะสม (ปริยวิศว์ วงษ์จันทร์, 2565) แต่หลายโรงเรียนยังคงประสบปัญหาขยะสะสม ขาดระเบียบ และเกิดแหล่งเชื้อโรค สาเหตุหลักมาจากพฤติกรรมการทิ้งขยะไม่ถูกที่ของนักเรียน (จิรัฐติกาล อินทมนต์ และคณะ, 2566) ข้อมูลระดับประเทศยังชี้ให้เห็นว่าสถานศึกษาเป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดขยะสำคัญรองจากครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม ขณะเดียวกัน ประเทศไทยมีสถานที่กำจัดขยะที่ถูกต้องตามมาตรฐานเพียงร้อยละ 15.19 เท่านั้น รัฐบาลจึงกำหนดให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นวาระแห่งชาติ พร้อมจัดทำ Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย เพื่อยกระดับการจัดการขยะในทุกระดับ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2564)

ในบริบทนี้ โรงเรียนจึงถูกกำหนดให้เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการลดปัญหาขยะ ทั้งเพราะเป็นพื้นที่ที่มีเยาวชนจำนวนมาก และยังมีบทบาทโดยตรงในการปลูกฝังความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมให้แก่ผู้เรียน (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2567) กระทรวงมหาดไทยและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้กำหนดแนวทางให้สถานศึกษาพัฒนาระบบจัดการขยะอย่างเป็นระบบ (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2564) แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับการ

เสริมสร้าง “จิตสาธารณะ” ซึ่งหมายถึงความไม่เห็นแก่ตัว ความมุ่งมั่นช่วยเหลือส่วนรวม และการทำประโยชน์ให้สังคมโดยไม่หวังผลตอบแทน คุณลักษณะนี้เป็นสิ่งที่ต้องปลูกฝังตั้งแต่วัยเด็กผ่านครอบครัว ชุมชน ผู้นำท้องถิ่น และสถาบันการศึกษา (ธนวรรณ เห็มบาสัตย์, 2565; อุ้มพร จำเริญสุข, 2565; วิทยากิจ หาญจิตต์, 2567) ตัวอย่างชุมชนหลายแห่ง เช่น ชุมชนบ้านนาคู่ จังหวัดนครพนม และชุมชนกิ่งไม้ใหญ่ จังหวัดบุรีรัมย์ แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการลดปริมาณขยะอย่างมีนัยสำคัญจากการสร้างความร่วมมือของคนในพื้นที่ ด้านสถานศึกษา โรงเรียนหลายแห่งได้พัฒนาโครงการโรงเรียนปลอดขยะและระบบธนาคารขยะ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนฝากขยะรีไซเคิลเพื่อนำไปคิดเป็นมูลค่าและบันทึกเป็นบัญชีสะสม กระบวนการนี้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการคัดแยกขยะ โดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้จัดทำคู่มือสนับสนุนการดำเนินงานธนาคารขยะในโรงเรียนให้เป็นระบบมากขึ้น (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2564)

อย่างไรก็ตาม ธนาคารขยะในหลายโรงเรียนกลับไม่สามารถดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากขาดการติดตามประเมินผล ขาดการวางแผนระยะยาว และครูผู้รับผิดชอบมีความรู้ไม่เพียงพอ ด้านนักเรียนเองก็ยังขาดแรงจูงใจ ส่งผลให้ความร่วมมือลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2563; วิสาขา ภู่จินดา, 2564; พัชรา วงศ์แสงเทียน และคณะ, 2562) ปัญหาเหล่านี้สะท้อนว่า การสร้างโครงสร้างหรือระบบธนาคารขยะเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ หากขาด “จิตสาธารณะ” ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญของพฤติกรรมที่ยั่งยืน โดยเฉพาะในโรงเรียนเทศบาลวัดกู่คำที่ยังพบปัญหาการทิ้งขยะไม่เป็นที่ แม้จะจัดถังแยกประเภทและประชาสัมพันธ์แล้วก็ตาม อีกทั้งยังไม่มีระบบธนาคารขยะที่ชัดเจนและไม่ครบตามขั้นตอนของคู่มือธนาคารขยะ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2560)

จากปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้ศึกษาจึงมุ่งพัฒนา “แนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล” เพื่อเป็นกรอบการดำเนินงานที่ช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อม มีพฤติกรรมที่รับผิดชอบต่อส่วนรวม และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้งยังเป็นต้นแบบในการสร้างความร่วมมือด้านการจัดการขยะในระดับชุมชนต่อไป

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อจัดทำแนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล

2. เพื่อประเมินพฤติกรรมการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล

วิธีการศึกษา

1. รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ ครู และนักเรียน เพื่อพัฒนาแนวทางส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะ และการประเมินผลเชิงปริมาณเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมของนักเรียนหลังเข้าร่วมกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร

ประชากรในการศึกษาประกอบด้วย

1) ผู้บริหาร ครู และบุคลากรโรงเรียนเทศบาลวัดกู่คำ

2) นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1–6 จำนวน 149 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่าง: ผู้ศึกษาเลือกใช้วิธีแบบเจาะจง

ผู้ศึกษาเลือกใช้ การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่

1) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านธนาคารขยะ จำนวน 5 คน ใช้เพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกสำหรับพัฒนาแนวทางส่งเสริมจิตสาธารณะ

2) ครูและนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–6 จำนวน 90 คน ใช้ในการทดสอบและประเมินพฤติกรรมหลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ

3) นักเรียนชุมนุมธนาคารขยะ 15 คน

3. เครื่องมือการศึกษา

การพัฒนาเครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสำรวจสาเหตุของปัญหาการดำเนินงานธนาคารขยะของโรงเรียนเทศบาลวัดกู่คำ และเพื่อสร้างแนวทางส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะอย่างเป็นระบบ เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่

3.1 เครื่องมือเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ

ใช้เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและสำรวจความต้องการพัฒนาแนวทางส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะ โดยผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสาร คู่มือธนาคารขยะของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2564) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สร้างร่างคำถามสัมภาษณ์ จำนวน 5 ข้อ ครอบคลุมประเด็นการสร้างจิตสำนึก การสร้างเครือข่ายการจัดกิจกรรม การพัฒนาภาวะผู้นำ และการให้ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนธนาคารขยะ เสนอร่างคำถามต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและปรับปรุงให้สมบูรณ์ใช้แบบสัมภาษณ์ฉบับสมบูรณ์ในการเก็บข้อมูลจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เกี่ยวข้อง

3.2 เครื่องมือสำหรับการอบรมเชิงปฏิบัติการ

โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการถูกออกแบบเพื่อแก้ปัญหาที่พบจากการสัมภาษณ์ ได้แก่ ครูและนักเรียนขาดความรู้เกี่ยวกับการคัดแยกและขั้นตอนธนาคารขยะ ขาดแรงจูงใจและจิตสาธารณะ ไม่มีระบบประเมินผลการดำเนินงานอย่างชัดเจน โครงการอบรมประกอบด้วย 4 หัวข้อหลัก ได้แก่ 1) จิตสำนึกสิ่งแวดล้อมและการจัดการขยะ 2) ระบบธนาคารขยะและการคัดแยก 3) การบริหารจัดการและเทคโนโลยี และ 4) การสร้างเครือข่ายและความร่วมมือ ทุกหัวข้อใช้เกณฑ์ประเมินด้านพุทธพิสัย 6 ระดับ ตาม Bloom (1956) ขั้นตอนการสร้างโครงการ ได้แก่

1) สรุปประเด็นสำคัญจากผลการสัมภาษณ์

2) ออกแบบกิจกรรมและโครงร่างการอบรม

3) เสนอขออนุมัติโครงการต่อผู้อำนวยการโรงเรียน

4) ขอความอนุเคราะห์วิทยากรผู้เชี่ยวชาญด้านธนาคารขยะจากเทศบาลนครเชียงใหม่

5) จัดการอบรมในวันที่ 4 สิงหาคม 2568 และบันทึกข้อมูลพฤติกรรม ภาพถ่าย วิดีโอ และหลักฐานประกอบกิจกรรม

3.3 เครื่องมือประเมินพฤติกรรมจิตสาธารณะของนักเรียน

1) แบบคำถามปลายเปิดระหว่างการอบรม ออกแบบเพื่อประเมินความเข้าใจ การคิดวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียน โดยยึดเนื้อหาในโครงการอบรมเป็นพื้นฐาน ประกอบด้วยคำถาม 5 ข้อ ครอบคลุม

การแสดงจิตสาธารณะ การขอความร่วมมือ การจัดกิจกรรมที่น่าสนใจ ความเป็นผู้นำด้านรีไซเคิล ความเข้าใจ 7 ขั้นตอนของธนาคารขยะ แบบคำถามผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจากอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปใช้จริง

2) แบบประเมินพฤติกรรมการมีจิตสาธารณะของนักเรียน สร้างเพื่อประเมินผลหลังการอบรม โดยมีองค์ประกอบ 3 ด้าน

– ความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมพฤติกรรมให้มีจิตสาธารณะในการดำเนินงานธนาคารขยะ (5 ข้อ)

– การสร้างจิตสำนึก สร้างเครือข่ายความร่วมมือและความเป็นผู้นำ ด้านการรักษาสิ่งแวดล้อม (5 ข้อ)

– การปฏิบัติตามกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะ (8 ข้อ)

3) ใช้ระดับประเมิน 3 ระดับ (มาก–ปานกลาง–น้อย) ตามเกณฑ์ของ Klashaw's Three Levels of Behavior ขั้นตอนพัฒนาแบบประเมินกำหนดกรอบแนวคิดจากผลการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ ร่างข้อคำถามให้สอดคล้องกับตัวแปรการวิจัย เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน วิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และปรับปรุงข้อคำถาม (เกณฑ์ 0.67–1.00) นำแบบประเมินฉบับสมบูรณ์ไปใช้จริงในการประเมิน 3 วงรอบ ได้แก่ รอบที่ 1: 11 สิงหาคม 2568 รอบที่ 2: 18 สิงหาคม 2568 และรอบที่ 3: 25 สิงหาคม 2568

4. การวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือ

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ประกอบด้วย การถอดเทป การอ่านทำความเข้าใจ การจัดหมวดหมู่แนวคิด และสรุปประเด็นเพื่อนำไปจัดทำแนวทางส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะ

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ ใช้การสรุปเชิงพรรณนา (Descriptive Summary) บนพื้นฐานข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมการจดบันทึกกิจกรรม ภาพถ่ายและเอกสารประกอบ

4.3 การวิเคราะห์ผลแบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียน ใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่ ร้อยละพัฒนาการ รวมถึงการคำนวณ พัฒนาการสัมพัทธ์ ตามสูตรของศิริชัย กาญจนวาสี (2557)

$$\text{ค่าพัฒนาการสัมพัทธ์} = \frac{\text{คะแนนหลัง} - \text{คะแนนก่อน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อน}} \times 100$$

เกณฑ์แปลผล

76–100 = พัฒนาการสูงมาก

51–75 = พัฒนาการสูง

26–50 = พัฒนาการปานกลาง

1–25 = พัฒนาการระดับต้น

0 = ไม่มีพัฒนาการ

ผลการศึกษา

1. แนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล

การศึกษาครั้งนี้มุ่งพัฒนาพฤติกรรมจิตสาธารณะของนักเรียนผ่านระบบธนาคารขยะของโรงเรียน ซึ่งถือเป็นกลไกสำคัญในการปลูกฝังความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างการมีส่วนร่วมของนักเรียนอย่างเป็นรูปธรรม โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลเชิงลึกจากผู้ทรงคุณวุฒิ 5 คน เพื่อนำมาออกแบบกิจกรรมและโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการที่ตอบโจทย์บริบทโรงเรียนเทศบาลวัดกู่คำ ผลการดำเนินงานสามารถขยายความได้ดังนี้

1.1 แนวคิดหลักในการการส่งเสริมจิตสาธารณะของนักเรียน จากการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า การพัฒนาพฤติกรรมจิตสาธารณะต้องอาศัยทั้งความรู้ (Knowledge) ทัศนคติ (Attitude) และการฝึกปฏิบัติ (Practice) ควบคู่กัน โดยความสำเร็จขึ้นอยู่กับปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญสามประการ ได้แก่ บทบาทผู้นำของผู้บริหาร–ครู, การสนับสนุนอย่างจริงจัง, และ ความร่วมมือจากชุมชน ซึ่งสะท้อนความเป็นพหุภาคี ในการพัฒนาพฤติกรรมของนักเรียน ผู้ทรงคุณวุฒิเห็นพ้องกันว่าโรงเรียนควรดำเนินการตามแนวทาง 5 ด้าน ดังนี้

1) การสร้างความเข้าใจและจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม ควรอบรมให้ครูและนักเรียนเห็นผลกระทบของปัญหาขยะ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ใช้สื่อที่เหมาะสม และสร้างแรงจูงใจ เช่น ระบบคะแนนและการยกย่องชมเชย ปัจจัยความสำเร็จ ได้แก่ การเป็นแบบอย่างของผู้บริหาร–ครู แนวคิดร่วมกัน การสร้างบรรยากาศสนับสนุน และความร่วมมือจากผู้ปกครอง–ชุมชน

2) การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ ควรประสานงานกับหน่วยงานภายนอก เช่น อบต. หรือองค์กรเอกชน พร้อมส่งเสริมการมีส่วนร่วมของบ้าน–ชุมชน–โรงเรียน และจัดตั้งคณะกรรมการร่วมเพื่อกำกับ ติดตาม และพัฒนาการดำเนินงาน

3) การจัดกิจกรรมที่น่าสนใจ กิจกรรมควรสนุกและกระตุ้นการมีส่วนร่วม เช่น การแข่งขันคัดแยกขยะ การประกวดนวัตกรรมรีไซเคิล ตลาดนัดขยะรีไซเคิล รวมถึงกิจกรรมเชิงปฏิบัติ เช่น ดูงานโรงงานรีไซเคิลหรือ Workshop ทำของใช้จากขยะ

4) การพัฒนาภาวะผู้นำด้านขยะรีไซเคิล ควรคัดเลือกนักเรียนแกนนำ ฝึกอบรมทักษะผู้นำและการสื่อสาร และมอบหมายบทบาทในการบริหารธนาคารขยะให้สภานักเรียน เพื่อฝึกความรับผิดชอบและสร้างแรงบันดาลใจแก่เพื่อน

5) การให้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการธนาคารขยะ เน้นการเรียนรู้ตามคู่มือ 7 ขั้นตอน ได้แก่ คัดแยก รับฝาก จัดเก็บ จำหน่าย บันทึกข้อมูล จ่ายผลตอบแทน และประชาสัมพันธ์ พร้อมสอดแทรกความรู้เรื่องราคาขยะ การใช้เทคโนโลยี เช่น แอปพลิเคชันหรือ QR Code และกิจกรรมปฏิบัติจริง

1.2 การพัฒนาและออกแบบโครงการสร้างจิตสำนึก รู้คุณค่า ธนาคารขยะกู่คำ จากแนวคิดทั้ง 5 ด้าน ผู้ศึกษาได้นำมาสร้างโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ โครงการถูกนำเสนอและได้รับอนุมัติจากผู้อำนวยการโรงเรียนก่อนดำเนินการจริง โดยกำหนดการเรียนรู้ตาม 3 ขั้นของ Bloom (1956) ได้แก่

ขั้นที่ 1 การจดจำ เน้นให้นักเรียนรับรู้และจดจำข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความหมายของจิตสาธารณะ ระบบและวัตถุประสงค์ของธนาคารขยะ ผลกระทบของปัญหาขยะต่อโรงเรียน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม บทบาทของนักเรียนในฐานะผู้ร่วมพัฒนาโรงเรียน การออกแบบเนื้อหาในขั้นนี้มุ่งสร้าง ฐานความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม อย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญก่อนก่อให้เกิดทัศนคติที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 การทำความเข้าใจ นักเรียนได้รับการเสริมสร้างทัศนคติที่ดีต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ความร่วมมือในการทำงานเป็นทีม การเห็นคุณค่าและประโยชน์ของธนาคารขยะ ภาวะผู้นำเบื้องต้นและความกล้าพูดกล้าแสดงออก เนื้อหาช่วงนี้เชื่อมโยงแนวคิดความตระหนักรู้ และคุณค่าต่อส่วนรวม ทำให้นักเรียนเริ่มปรับมุมมองจากการเป็นผู้ร่วมกิจกรรม ไปสู่ความเป็นเจ้าของร่วมของโรงเรียน

ขั้นที่ 3 การประยุกต์ใช้ เป็นขั้นของการ ลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้คู่มือการดำเนินงานธนาคารขยะ 7 ขั้นตอน ซึ่งนักเรียนฝึกผ่านกิจกรรม Workshop ได้แก่ การคัดแยกขยะตามประเภทพร้อมตรวจสอบคุณภาพ การรับฝากและบันทึกข้อมูล การคำนวณน้ำหนักและราคา การจัดเก็บและการจำหน่าย การสื่อสารประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ ขั้นนี้ช่วยให้ความรู้เชิงทฤษฎีเชื่อมโยงสู่การปฏิบัติ เกิดทักษะที่ใช้ได้จริง และสร้างพฤติกรรมที่ยั่งยืนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลัก Experiential Learning ที่เน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง

2. ผลการประเมินพฤติกรรมการมีจิตสาธารณะของนักเรียนในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล

2.1 ผลการประเมินจากการตอบคำถามระหว่างการอบรม ระหว่างการอบรมเชิงปฏิบัติการ ผู้ศึกษาได้ประเมินผู้เข้าร่วมจำนวน 90 คนร่วมกับครูและวิทยากร ผลพบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมจิตสาธารณะอยู่ในระดับที่ดี โดยตอบคำถามได้ครบถ้วนในประเด็นด้านกิจกรรมที่น่าสนใจ ความเป็นผู้นำ และกระบวนการธนาคารขยะ ส่วนด้านการขอความร่วมมือแม้ตอบได้ดี แต่ยังขาดรายละเอียดเล็กน้อย

1) ด้านจิตสาธารณะด้านสิ่งแวดล้อม นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่า จิตสาธารณะคือความรับผิดชอบร่วมกันในการดูแลสิ่งแวดล้อมเพื่อประโยชน์ส่วนรวม และเสนอวิธีแสดงพฤติกรรม 3 วิธี ได้แก่ รับผิดชอบการดูแลสิ่งแวดล้อมและคัดแยกขยะอย่างถูกต้อง เข้าร่วมกิจกรรมธนาคารขยะอย่างสม่ำเสมอ เช่น นำขยะมาฝากทุกวัน ช่วยเพื่อน เช่น สอนการคัดแยกขยะและชวนเพื่อนเข้าร่วมกิจกรรม

2) ด้านการขอความร่วมมือ นักเรียนสามารถระบุผู้ที่ควรขอความร่วมมือ ได้แก่ เพื่อน ครู ผู้ปกครอง ชุมชน อบต. องค์กรเอกชน ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น วิธีการที่เสนอ เช่น ประชุมชี้แจง เชิญร่วมกิจกรรมในวันสำคัญ ส่งจดหมายเชิญ และประสานงานอย่างต่อเนื่อง

3) ด้านการจัดกิจกรรมที่น่าสนใจ นักเรียนเสนอว่ากิจกรรมที่ช่วยดึงดูดความสนใจ ได้แก่ แข่งขันคัดแยกขยะ ประกวดห้องเรียนสะอาด ประกวดนวัตกรรมขยะ ตลาดนัดขยะรีไซเคิลเพื่อแสดงผลงานและสร้างมูลค่าเพิ่ม ศึกษาดูงานโรงงานรีไซเคิล และ Workshop ทำของใช้จากขยะ

4) ด้านความเป็นผู้นำในการเพิ่มคุณค่าขยะ นักเรียนมองว่าผู้นำต้องเป็นแบบอย่างที่ดี มีความรู้เรื่องรีไซเคิล สื่อสารได้ดี สร้างแรงบันดาลใจ รับผิดชอบและแก้ปัญหาได้ ข้อเสนอการพัฒนาผู้นำ เช่น การฝึกทักษะการสื่อสาร การนำเสนอ ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างในการคัดแยกขยะ

5) ด้านความรู้เกี่ยวกับกระบวนการธนาคารขยะ 7 ขั้นตอน นักเรียนสามารถอธิบายและยกตัวอย่างการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนได้ถูกต้อง ดังนี้

- คัดแยกขยะ แยกขยะตามประเภท ล้างทำความสะอาด และเตรียมให้พร้อมสำหรับนำฝาก
- รับฝากขยะ นำขยะมาฝากตามวันที่กำหนด โดยปฏิบัติตามขั้นตอนการชั่งน้ำหนักและตรวจสอบประเภทขยะ
- จัดเก็บและดูแลรักษา จัดเก็บขยะในพื้นที่ที่เหมาะสม ปลอดภัย และรักษาความสะอาดของจุดเก็บ
- จำหน่ายขยะรีไซเคิล คัดเลือกขยะที่พร้อมจำหน่ายและขายให้ผู้รับซื้อในราคาที่เหมาะสม

– บันทึกข้อมูล บันทึกน้ำหนัก ปริมาณ ประเภท ราคา และรายได้ของผู้ฝากขยะลงในระบบหรือแบบฟอร์มที่กำหนด

– จ่ายผลตอบแทน คำนวณและแบ่งปันผลกำไรหรือยอดเงินสะสมให้กับนักเรียนผู้ฝากขยะอย่างเป็นธรรม

– ประชาสัมพันธ์ ถ่ายทอดข้อมูลเกี่ยวกับธนาคารขยะ เชิญชวนเพื่อนและผู้ปกครองเข้าร่วมกิจกรรม รวมถึงสอนวิธีคัดแยกขยะอย่างถูกต้อง

2.2 การประเมินพฤติกรรมจิตสาธารณะดำเนินการ 3 ครั้งหลังการอบรม ผลรวมแสดงใน ตารางที่ 1 ซึ่งสะท้อนพัฒนาการของนักเรียนในแต่ละรอบการประเมิน โดยภาพรวมพฤติกรรมจิตสาธารณะมีแนวโน้มดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 ผลการประเมินพฤติกรรมการมีจิตสาธารณะของนักเรียนในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล สรุป (N=15)

ที่	รายการ	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			ร้อยละพัฒนาการสัมพัทธ์	แปลผลพัฒนาการสัมพัทธ์
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล		
1	ความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมพฤติกรรมให้มีจิตสาธารณะในการดำเนินงานธนาคารขยะ	2.60	0.49	มาก	2.98	0.09	มาก	3.00	0.00	มาก	100.0	สูงมาก
2	การสร้างจิตสำนึก สร้างเครือข่ายความร่วมมือและความเป็นผู้นำด้านการรักษาสิ่งแวดล้อม	2.62	0.48	มาก	2.93	0.15	มาก	3.00	0.00	มาก	100.0	สูงมาก
3	การปฏิบัติตามกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะ	2.65	0.46	มาก	2.96	0.07	มาก	3.00	0.00	มาก	100.0	สูงมาก
	โดยรวม	**2.62**	**0.48**	**มาก**	**2.96**	**0.10**	**มาก**	**3.00**	**0.00**	**มาก**	**100.0**	**สูงมาก**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินพฤติกรรมการมีจิตสาธารณะของนักเรียนในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล พบว่า โดยรวมทั้ง 3 ด้าน ครั้งที่ 1 นักเรียนมีระดับความสามารถอยู่ในระดับมาก และใน ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 นักเรียนยังคงมีความสามารถอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน โดยค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 2.62 เป็น 2.96 และ 3.00 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการพัฒนาพฤติกรรมที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้งในภาพรวมและรายด้าน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในระดับสูงมาก โดยคิดเป็นร้อยละ 100.0 ทุกด้าน ซึ่งสะท้อนว่ากิจกรรมการส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะผ่านการดำเนินงานธนาคารขยะมีประสิทธิผลอย่างชัดเจน สำหรับด้านที่มีค่าพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุด ได้แก่ ด้านความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมพฤติกรรมให้มีจิตสาธารณะในการดำเนินงานธนาคารขยะ รองลงมา ได้แก่ ด้านการสร้างจิตสำนึก เครือข่ายความร่วมมือ และความเป็นผู้นำด้านการรักษาสิ่งแวดล้อม ด้านการปฏิบัติตามกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะ ผลการประเมินดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาพฤติกรรมการมีจิตสาธารณะในทุกด้านอย่างเต็มศักยภาพ สอดคล้องกับ

ผลค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นทุกครั้งของการประเมิน และยืนยันว่าการดำเนินโครงการสามารถเสริมสร้างพฤติกรรมจิตสาธารณะของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ศึกษาได้เสนอข้อมูลผลการประเมินพฤติกรรมการมีจิตสาธารณะของนักเรียนในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1) ความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมพฤติกรรมให้มีจิตสาธารณะในการดำเนินงานธนาคารขยะ พบว่า ในครั้งที่ 1 นักเรียนมีความรู้ในระดับมาก และในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 นักเรียนยังคงมีความรู้ในระดับมากเช่นเดียวกัน สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านความรู้ที่ดีอย่างต่อเนื่อง หลังจากได้รับการส่งเสริมผ่านกิจกรรมของโครงการธนาคารขยะ เมื่อพิจารณาตาม ค่าพัฒนาการสัมพัทธ์รายข้อ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับ สูงมากทุกข้อ คิดเป็นร้อยละ 100.0 ทุกรายการ แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะช่วยพัฒนาความรู้ของนักเรียนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยสรุปผลรายข้อได้ดังนี้ นักเรียนสามารถระบุความหมายของจิตสาธารณะได้อย่างถูกต้อง มีพัฒนาการในระดับสูงมาก นักเรียนสามารถอธิบายประโยชน์ของการจัดตั้งธนาคารขยะในโรงเรียนได้ มีพัฒนาการในระดับสูงมาก นักเรียนสามารถจำแนกประเภทของขยะได้ถูกต้อง มีพัฒนาการในระดับสูงมาก นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการนำขยะมาฝากในธนาคารขยะได้ มีพัฒนาการในระดับสูงมาก นักเรียนสามารถบอกตัวอย่างพฤติกรรมเสียสละเพื่อส่วนรวมที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสิ่งแวดล้อมได้ มีพัฒนาการในระดับสูงมาก โดยรวม นักเรียนมีพัฒนาการด้านความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมพฤติกรรมให้มีจิตสาธารณะในการดำเนินงานธนาคารขยะในระดับสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 100.0 ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิผลของโครงการในการพัฒนาความรู้และความเข้าใจของนักเรียนอย่างเด่นชัดในทุกตัวชี้วัด ตามลำดับ

2) การสร้างจิตสำนึก สร้างเครือข่ายความร่วมมือและความเป็นผู้นำด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมหลังการพัฒนา พบว่า ครั้งที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการสร้างจิตสำนึกด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมในระดับปานกลาง ส่วนครั้งที่ 2 นักเรียนมีความสามารถในระดับมาก และ ครั้งที่ 3 นักเรียนมีความสามารถในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาตามค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้งโดยรวมและรายรายการ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการสร้างจิตสำนึกด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับดี คิดเป็น ร้อยละ 100.00 ทั้งนี้ รายการที่มีค่าพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุด ได้แก่ นักเรียนสามารถยกตัวอย่างวิธีการชักชวนเพื่อนให้เข้าร่วมกิจกรรมธนาคารขยะได้ รองลงมา ได้แก่ นักเรียนสามารถระบุพฤติกรรมการทิ้งขยะที่ไม่ถูกต้องพร้อมอธิบายผลกระทบได้ นักเรียนสามารถอธิบายบทบาทและหน้าที่ของแกนนำชุมนุมธนาคารขยะได้ นักเรียนสามารถให้เหตุผลที่แสดงความตระหนักในการรักษาสิ่งแวดล้อมได้ และนักเรียนสามารถยกตัวอย่างวิธีการเพิ่มมูลค่าขยะรีไซเคิลได้ ผลดังกล่าวสะท้อนว่า นักเรียนมีความตระหนักรู้ มีความเป็นผู้นำและมีส่วนร่วมในการสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตามลำดับขั้นการประเมิน ทั้ง 3 ครั้ง ตามลำดับ

3) การปฏิบัติตามกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะหลังการพัฒนา ผลการประเมินพบว่า ครั้งที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการปฏิบัติตามขั้นตอนดำเนินงานธนาคารขยะอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก ส่วนในครั้งที่ 2 นักเรียนมีความสามารถในระดับ มาก และใน ครั้งที่ 3 นักเรียนมีความสามารถในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการเชิงบวกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกตัวชี้วัด เมื่อพิจารณาตาม ค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้งโดยรวมและรายรายการ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการปฏิบัติตามกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะอยู่ในระดับดีมาก โดยรวมคิดเป็น ร้อยละ 100.00 ซึ่งบ่งชี้ว่านักเรียนสามารถพัฒนาทักษะเชิงปฏิบัติได้ครบถ้วนตามเป้าหมายของกิจกรรม รายการที่มีค่าพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุด ได้แก่ นักเรียนสามารถคัดแยกประเภทของขยะได้อย่างถูกต้อง นักเรียนสามารถนำขยะไปใส่ในภาชนะที่กำหนดไว้อย่างเหมาะสม นักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องของขยะที่นำมาฝากได้ นักเรียนสามารถสาธิตวิธีบีบอัดขวดพลาสติก/กระป๋องก่อนนำมาฝากธนาคารขยะได้ นักเรียนสามารถคำนวณราคาขยะรีไซเคิลก่อนส่งจำหน่ายได้ นักเรียนสามารถบันทึกข้อมูลการฝากขยะลงในสมุดบัญชีได้อย่างถูกต้อง

นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณขยะที่รับฝากในแต่ละครั้งได้ ทั้งนี้ รายการที่มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นชัดเจนในลำดับรองลงมา คือ นักเรียนสามารถใช้สื่อออนไลน์หรือสื่อประชาสัมพันธ์เพื่อเผยแพร่กิจกรรมธนาคารขยะได้อย่างเหมาะสม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทักษะด้านการสื่อสารและการเผยแพร่ข้อมูลของนักเรียนมีพัฒนาการดีขึ้นตามลำดับ ผลการประเมินสะท้อนว่า นักเรียนมีความเข้าใจในขั้นตอนการดำเนินงานธนาคารขยะ สามารถปฏิบัติจริงได้อย่างถูกต้อง มีความรับผิดชอบ และสามารถนำทักษะที่ได้รับไปใช้ในการจัดการขยะอย่างเป็นระบบมากขึ้น ทั้งยังแสดงถึงการเรียนรู้เชิงปฏิบัติที่เกิดผลจริงในแต่ละรอบของการประเมิน ตามลำดับ

วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมธนาคารขยะสามารถดำเนินได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิผลสูง โดยองค์ประกอบสำคัญทั้ง 5 ได้แก่ การสร้างจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ การจัดกิจกรรมที่ดึงดูดความสนใจ การพัฒนาภาวะผู้นำ และการให้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการธนาคารขยะ ล้วนมีบทบาทเสริมกันในการพัฒนาพฤติกรรมเชิงบวกของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง แนวทางเหล่านี้ถูกพัฒนาเป็นโครงการ “สร้างจิตสำนึก รู้คุณค่า ธนาคารขยะกู่คำ” ซึ่งสะท้อนว่าการออกแบบกิจกรรมที่มีโครงสร้างชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทโรงเรียนสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้จริงในชีวิตประจำวันของผู้เรียนได้ ผลประเมินทั้ง 3 ครั้งมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.62 เป็น 2.96 และ 3.00 ตามลำดับ พร้อมค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ร้อยละ 100.0 ทุกด้าน แสดงถึงพัฒนาการที่มั่นคงและยั่งยืน โดยในด้านความรู้ นักเรียนมีความเข้าใจชัดเจนเกี่ยวกับจิตสาธารณะ การจัดการขยะ และขั้นตอนธนาคารขยะ รวมถึงสามารถอธิบายและถ่ายทอดข้อมูลได้ถูกต้องมากขึ้น ในด้านเจตคติและความตระหนัก พบว่านักเรียนมีความมั่นใจในการมีส่วนร่วม กล้าแสดงความคิด และสามารถเชื่อมโยงเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมเข้ากับการปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม ขณะที่ด้านทักษะปฏิบัตินักเรียนมีความสามารถสูงขึ้นในการคัดแยกขยะ คำนวณราคา บันทึกข้อมูล และดำเนินงานตามขั้นตอนของธนาคารขยะอย่างเป็นระบบ รวมถึงการใช้สื่อออนไลน์ประชาสัมพันธ์กิจกรรม ซึ่งสะท้อนถึงทักษะการสื่อสารดิจิทัลที่พัฒนาควบคู่กันไป

อภิปรายผล

จากการศึกษาแนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล พบประเด็นที่น่าสนใจ ดังนี้

1. แนวทางการส่งเสริมพฤติกรรมนักเรียนให้มีจิตสาธารณะในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล

ผลการศึกษาพบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นสอดคล้องกันว่า การส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะของนักเรียนต้องอาศัยแนวทางที่หลากหลายและเกื้อหนุนกัน โดยครอบคลุม 5 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ (1) การสร้างความเข้าใจและจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม (2) การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ (3) การจัดกิจกรรมที่น่าสนใจ (4) การพัฒนาภาวะผู้นำด้านการเพิ่มคุณค่าขยะรีไซเคิล และ (5) การให้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะ ทั้ง 5 องค์ประกอบนี้ทำงานร่วมกันเพื่อปลูกฝังความรับผิดชอบต่อส่วนรวมและทัศนคติที่ดีต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2543) ที่อธิบายว่าจิตสาธารณะคือพฤติกรรมที่เกิดจากความปรารถนาที่จะทำประโยชน์แก่สังคมโดยไม่ยึดถือผลประโยชน์ส่วนตนเป็นที่ตั้ง นอกจากนี้ แนวทางทั้ง 5 ประการยังมีฐานสนับสนุนจากงานวิจัยสากลหลายชิ้นที่ชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาพฤติกรรมเพื่อส่วนรวมจำเป็นต้องอาศัยทั้งความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จริง โดย Puncreobutr (2014) ระบุว่าการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงหรือ

กิจกรรมเชิงปฏิบัติสามารถเพิ่ม Self-Efficacy และการมีส่วนร่วมทางสังคมของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการให้นักเรียนมีบทบาทในกิจกรรมธนาคารขยะที่ต้องลงมือปฏิบัติจริง ขณะเดียวกัน Krueathep et al. (2010) ชี้ว่าทุนทางสังคมและเครือข่ายความร่วมมือมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความไว้วางใจและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของพลเมือง การส่งเสริมเครือข่ายระหว่างโรงเรียน ผู้ปกครอง ชุมชน และองค์กรท้องถิ่นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนพฤติกรรมจิตสาธารณะของนักเรียน ในด้านการจัดกิจกรรมที่มีความหมายและการพัฒนาภาวะผู้นำ งานวิจัยของ Bozek et al. (2020) และ Peng et al. (2023) พบว่ากิจกรรมที่ผู้เรียนเห็นคุณค่าทางสังคมสามารถสร้างแรงจูงใจเชิงบวก กระตุ้นการทำประโยชน์เพื่อส่วนรวม และพัฒนาแรงจูงใจเชิงสาธารณะ (Public Service Motivation) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การให้นักเรียนทำหน้าที่แกนนำธนาคารขยะจึงเป็นทั้งการเรียนรู้และการสร้างแบบอย่างให้เพื่อนร่วมชั้น ขณะเดียวกัน Dryzin-Amit et al. (2024) ชี้ว่าการรับรู้ผลกระทบเชิงสาธารณะของการกระทำตนเอง (Publicness Perceptions) สามารถเพิ่มพฤติกรรมเพื่อสังคม (Prosocial Behavior) ได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการที่โรงเรียนใช้ในการทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการรีไซเคิลและการจัดการขยะอย่างเป็นรูปธรรม จากหลักฐานทั้งหมดนี้สะท้อนภาพรวมสำคัญว่า การพัฒนาจิตสาธารณะของนักเรียนเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการความรู้ การสร้างทัศนคติที่ถูกต้อง การมีส่วนร่วมทางสังคม และการสร้างภาวะผู้นำควบคู่กัน แนวทางทั้ง 5 ประการจึงไม่ใช่มาตรการแยกส่วน แต่เป็นกลไกที่ส่งเสริมกันและกันเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรมอย่างยั่งยืนในบริบทของโรงเรียนเทศบาล

2. การประเมินพฤติกรรมการมีจิตสาธารณะของนักเรียนในการเข้าร่วมกระบวนการดำเนินงานธนาคารขยะโรงเรียนเทศบาล

ผลการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนทั้งสามครั้งสะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ ด้านจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม หรือด้านทักษะปฏิบัติ โดยค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้นจาก 2.62 ในครั้งที่ 1 เป็น 2.96 ในครั้งที่ 2 และ 3.00 ในครั้งที่ 3 แสดงถึงแนวโน้มการพัฒนาที่ดีขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ควบคู่กับค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ที่คิดเป็น ร้อยละ 100.0 ในทุกด้าน ซึ่งชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมธนาคารขยะสามารถส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะของนักเรียนได้อย่างเต็มศักยภาพและมีประสิทธิผลสูง ความสำเร็จดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางที่โรงเรียนใช้ในการออกแบบโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการบนพื้นฐานของทฤษฎี Bloom's Taxonomy โดยเริ่มจากการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจิตสาธารณะและกระบวนการทำงานของธนาคารขยะ จากนั้นจึงเสริมสร้างจิตสำนึก การมีส่วนร่วม และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม และพัฒนาต่อยอดสู่การลงมือปฏิบัติจริงตามกระบวนการทำงานทั้ง 7 ขั้นตอน ได้แก่ การคัดแยก การรับฝาก การจัดเก็บ การจำหน่าย การบันทึกข้อมูล การจ่ายผลตอบแทน และการประชาสัมพันธ์ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่เป็นระบบและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรมอย่างเป็นรูปธรรม ในด้านความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมจิตสาธารณะ นักเรียนมีระดับความรู้สูงทั้งสามครั้ง โดยมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นทุกตัวชี้วัด และมีค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ 100% ทุกรายการ นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของจิตสาธารณะ ประโยชน์ของธนาคารขยะ ประเภทของขยะ ขั้นตอนการฝากขยะ และยกตัวอย่างพฤติกรรมที่สะท้อนความรับผิดชอบต่อส่วนรวมได้อย่างครบถ้วน แสดงถึงการพัฒนาความรู้ในเชิงลึกและเชิงระบบ ด้านการสร้างจิตสำนึก เครือข่ายความร่วมมือ และภาวะผู้นำ นักเรียนมีพัฒนาการจากระดับปานกลางในครั้งที่ 1 สู่ระดับมากในครั้งที่ 2 และระดับมากที่สุดในครั้งที่ 3 โดยมีค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ ร้อยละ 100.0 ทุกตัวชี้วัด นักเรียนสามารถชักชวนเพื่อนเข้าร่วมกิจกรรม ให้เหตุผลด้านสิ่งแวดล้อม ระบุพฤติกรรมการทิ้งขยะที่ไม่ถูกต้อง อธิบายบทบาทแกนนำ และเสนอวิธีเพิ่มมูลค่าขยะได้อย่างเหมาะสม สะท้อนถึงการเติบโตด้านทัศนคติและภาวะผู้นำทางสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง ด้านการปฏิบัติตามกระบวนการทำงาน นักเรียนมีพัฒนาการจากระดับปานกลาง-มากในครั้งที่ 1 เป็นระดับมากและมากที่สุดในครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ พร้อมกับค่าพัฒนาการสัมพัทธ์ที่อยู่ในระดับสูงสุด

100% ทุกข้อ นักเรียนสามารถปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการธนาคารขยะได้อย่างถูกต้อง เช่น การคัดแยก การนำขยะไปใส่ภาชนะ การตรวจสอบคุณภาพ การบีบอัดขวด การคำนวณราคา การบันทึกข้อมูล และการใช้สื่อออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์กิจกรรม ซึ่งสะท้อนพัฒนาการด้านทักษะปฏิบัติที่เกิดขึ้นจริง เมื่อพิจารณาภาพรวมทั้งหมด ผลการประเมินพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการจากระดับปานกลางสู่ระดับมากอย่างชัดเจน การจัดกิจกรรมที่ผสมผสานการเรียนรู้ทางปัญญา ทักษะ และทัศนคติ ตามแนวคิดของ Bloom's Taxonomy ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเชิงพฤติกรรมได้จริง ทั้งยังก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ เช่น งานของ Puncreobutr (2014) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงช่วยพัฒนาจิตสาธารณะ และงานของ Bozek et al. (2020) รวมถึง Miles et al. (2022) ที่ยืนยันว่าการทำกิจกรรมเพื่อสังคมอย่างต่อเนื่องส่งผลดีต่อความสุข คุณค่าในตนเอง และแรงจูงใจในการช่วยเหลือผู้อื่น ดังนั้น กิจกรรมส่งเสริมพฤติกรรมจิตสาธารณะผ่านโครงการธนาคารขยะจึงเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิผล ช่วยพัฒนานักเรียนทั้งด้านความรู้ ความตระหนัก และทักษะปฏิบัติอย่างเป็นองค์รวม และนำไปสู่การพัฒนาพฤติกรรมจิตสาธารณะที่มั่นคงและยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษา และข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

1. การส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมและกิจกรรมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้านการจัดการขยะของนักเรียน มีพัฒนาการด้านความรู้และทักษะปฏิบัติในระดับสูง โดยเฉพาะการเพิ่มมูลค่าขยะรีไซเคิลและการสาธิตกระบวนการต่าง ๆ ดังนั้น โรงเรียนควรจัดกิจกรรมนวัตกรรมรีไซเคิล การประกวดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากขยะ หรือกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับโรงเรียนอื่นเพื่อเสริมทักษะสร้างสรรค์ เสริมความภาคภูมิใจ และขยายเครือข่ายความร่วมมือของนักเรียน

2. การจัดทำคู่มือการดำเนินงานธนาคารขยะและพัฒนาระบบประเมินผลอย่างต่อเนื่อง นักเรียนมีพัฒนาการชัดเจนเมื่อได้รับการฝึกทักษะทีละขั้นตอนตามกระบวนการธนาคารขยะ โรงเรียนจึงควรจัดทำคู่มือที่ครอบคลุมทุกขั้นตอน เช่น การคัดแยก การฝาก การบันทึกข้อมูล และการประชาสัมพันธ์ เพื่อให้เกิดมาตรฐานเดียวกันทุกระดับชั้น พร้อมจัดระบบประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจและปลูกฝังจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง

3. การบูรณาการเนื้อหาเกี่ยวกับธนาคารขยะเข้ากับการเรียนการสอนในหลักสูตรของโรงเรียน นักเรียนมีพัฒนาการด้านความรู้และเจตคติเมื่อได้รับทั้งการสอน ความเข้าใจ และการลงมือปฏิบัติจริง ดังนั้น โรงเรียนควรบูรณาการเนื้อหาธนาคารขยะเข้ากับสาระการเรียนรู้ เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา และภาษาไทย เพื่อสร้างการเรียนรู้แบบองค์รวม (Holistic Learning) ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และช่วยเสริมสร้างจิตสาธารณะในทุกบริบทของการเรียนรู้

4. ขยายผลโครงการสู่ครอบครัวและชุมชนเพื่อสร้างเครือข่ายการจัดการขยะอย่างยั่งยืน นักเรียนมีพัฒนาการสูงและสามารถชักชวนบุคคลรอบข้างให้เข้าร่วมกิจกรรมได้ ดังนั้น โรงเรียนควรขยายการดำเนินงานไปยังผู้ปกครองและชุมชน ผ่านกิจกรรมคัดแยกขยะ กิจกรรมครอบครัวสีเขียว หรือการสร้างมูลค่าเพิ่มจากขยะในระดับชุมชน เพื่อให้โครงการเกิดความต่อเนื่องและส่งผลกระทบในวงกว้างมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. การศึกษาการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานธนาคารขยะระหว่างโรงเรียนบริบทต่างกัน เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ เช่น โรงเรียนในเขตเมือง ชนบท โรงเรียนขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก ซึ่งช่วยพัฒนารูปแบบการส่งเสริมจิตสาธารณะที่เหมาะสมกับแต่ละบริบท

2. การศึกษาผลกระทบระยะยาวของพฤติกรรมจิตสาธารณะหลังเข้าร่วมโครงการ แม้ผลการประเมินในระยะสั้นพบพัฒนาการสูง แต่ควรมีการติดตามในระยะยาวว่าพฤติกรรมดังกล่าวยังคงรักษาไว้ได้หรือไม่ และปัจจัยใดช่วยเสริมความยั่งยืนของพฤติกรรมจิตสาธารณะ

3. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เชื่อมโยงธนาคารขยะกับรายวิชาในหลักสูตร เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่หลากหลายและประยุกต์ใช้ได้จริง เช่น การคำนวณราคาขยะในวิชาคณิตศาสตร์ การศึกษาวัสดุในวิทยาศาสตร์ และการเขียนรณรงค์ในวิชาภาษาไทย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ชี้ว่าการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติช่วยสร้างทักษะจริงอย่างมีประสิทธิภาพ

4. การพัฒนาเครื่องมือประเมินพฤติกรรมจิตสาธารณะด้านสิ่งแวดล้อมให้มีความเที่ยงตรงสูง เพื่อรองรับการประเมินผลในบริบทต่าง ๆ และสร้างดัชนีชี้วัดความสำเร็จของโครงการธนาคารขยะในโรงเรียนอย่างเป็นมาตรฐาน ซึ่งจะช่วยให้การเปรียบเทียบผลการวิจัยในอนาคตมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการศึกษา ข้อสรุปองค์ความรู้ใหม่

จากผลการศึกษา ผู้ศึกษาพบองค์ความรู้ใหม่ที่มีคุณค่าเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ ดังนี้

1. รูปแบบการส่งเสริมจิตสาธารณะของนักเรียนผ่านระบบธนาคารขยะที่มีองค์ประกอบครบวงจร การศึกษาได้พัฒนากรอบแนวคิดการเสริมสร้างจิตสาธารณะของนักเรียนที่ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) การสร้างจิตสำนึกสิ่งแวดล้อม (2) การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ (3) การจัดกิจกรรมที่น่าสนใจ (4) การพัฒนาแกนนำนักเรียน และ (5) การให้ความรู้ด้านกระบวนการธนาคารขยะ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ประสานกันอย่างเป็นระบบและยังไม่เคยถูกรวบรวมในรูปแบบเดียวมาก่อนในบริบทโรงเรียนเทศบาล

2. การประยุกต์ใช้ Bloom's Taxonomy ในการพัฒนาจิตสาธารณะด้านสิ่งแวดล้อม การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมตามลำดับขั้นของ Bloom's Taxonomy (จดจำ–เข้าใจ–ประยุกต์ใช้) สามารถพัฒนาทั้งความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมจิตสาธารณะได้จริง ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการครบทั้งด้านความคิด ความรู้สึก และการลงมือทำ ซึ่งเป็นมิติใหม่ของการประยุกต์ทฤษฎีในการพัฒนาพฤติกรรมเพื่อสังคมในโรงเรียน

3. ความสัมพันธ์ระหว่างเครือข่ายสังคมกับการพัฒนาจิตสาธารณะของนักเรียน การประสานงานระหว่างบ้าน–โรงเรียน–ชุมชน อย่างต่อเนื่องสามารถเสริมแรงให้นักเรียนเกิดความรับผิดชอบต่อส่วนรวมเพิ่มขึ้น องค์ความรู้ใหม่นี้แสดงให้เห็นว่า "เครือข่าย" เป็นปัจจัยเชิงโครงสร้างที่ส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมจิตสาธารณะ ไม่ใช่เพียงปัจจัยสนับสนุนภายนอก

4. การสร้างผู้นำนักเรียนด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวเร่งการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมรวมหมู่ เมื่อพัฒนานักเรียนแกนนำด้านการรีไซเคิล นักเรียนทั่วไปเกิดการเลียนแบบและมีแรงจูงใจเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด องค์ความรู้ใหม่นี้ชี้ว่าภาวะผู้นำของนักเรียนเป็นกลไกสำคัญที่เร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในระดับห้องเรียนและระดับโรงเรียน

5. รูปธรรมของพัฒนาการจิตสาธารณะที่วัดได้อย่างเป็นระบบ การประเมิน 3 ครั้งให้ผลสอดคล้องกัน โดยค่าพัฒนาการสัมพัทธ์สูงถึง 100% ทุกด้าน แสดงให้เห็นว่า จิตสาธารณะสามารถพัฒนาได้จริงในระยะเวลาอันสั้น การใช้กิจกรรมเชิงปฏิบัติสามารถนำไปสู่พฤติกรรมที่ยั่งยืน นี่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปอ้างอิงในการพัฒนาโปรแกรมด้านสิ่งแวดล้อมระดับประเทศได้

การส่งเสริมจิตสาธารณะของนักเรียนผ่านระบบธนาคารขยะต้องอาศัยการบูรณาการ ความรู้–ความตระหนัก–การปฏิบัติจริง พร้อมกับการเรียนรู้แบบวนรอบ (Learning Cycle) ที่เชื่อมโยงกิจกรรมและเครือข่ายทางสังคมเข้าด้วยกัน องค์ความรู้ใหม่ที่ได้ชี้ว่า การพัฒนาจิตสาธารณะต้องใช้หลายมิติร่วมกันไม่สามารถใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงลำพัง โมเดล 5 องค์ประกอบเป็นนวัตกรรมความรู้ที่ช่วยพัฒนาพฤติกรรมด้านสังคมของนักเรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม จิตสาธารณะเกิดขึ้นได้ผ่านการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ที่นำสู่การลงมือทำจริง Bloom's Taxonomy เป็นโครงสร้างการเรียนรู้ที่ช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นลำดับขั้นและยั่งยืน ปัจจัยทางสังคม เช่น เครือข่ายและผู้นำนักเรียน มีบทบาทสำคัญกว่าที่คาดการณ์ในการสร้างพฤติกรรมเพื่อส่วนรวม การประเมินพฤติกรรมจิตสาธารณะสามารถทำได้อย่างเป็นระบบและให้ผลชัดเจน ช่วยยืนยันความเป็นไปได้ของการออกแบบโปรแกรมฝึกพฤติกรรมเชิงสังคมในโรงเรียนไทย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2564). แผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะของประเทศ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2565–2570). กรุงเทพฯ: ผู้จัดทำ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2564). คู่มือแนวทางการลด คัดแยก และนำขยะมูลฝอยไปใช้ประโยชน์. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2564). แนวทางการส่งเสริมการจัดการขยะมูลฝอยขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น. กรุงเทพฯ: กระทรวงมหาดไทย.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2560). ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การจัดการมูลฝอย พ.ศ. 2560. กรุงเทพฯ: กระทรวงมหาดไทย.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2564). คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมในสถานศึกษา. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2543). ยุทธศาสตร์การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซัคเซส มีเดีย.

จิรัฐติกาล อินทมนต์, นฤมล เมืองจินดา และเริงวิชญ์ นิลโคตร. (2566). การบริหารจัดการขยะตามบริบทของโรงเรียนแบบมีส่วนร่วม กรณีศึกษาโรงเรียนไทยรัฐวิทยา 108 (บ้านสำนักทอง). วารสารปราชญ์ประชาคม, ปีที่ 1 ฉบับที่ 6, หน้า 32–49.

ธนวรรณ เห็มบาสัตย์. (2565). รูปแบบการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านจิตสาธารณะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาฬสินธุ์ เขต 2. (การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ปริยวิศว์ วงษ์จันทร์. (2565). การพัฒนารูปแบบการจัดการขยะในสถานศึกษาตามโครงการโรงเรียนปลอดขยะ โรงเรียนขลุงรัชดาภิเษก จังหวัดจันทบุรี. วารสารวิชาการไทยวิจัยและการจัดการ, ปีที่ 3 ฉบับที่ 5, หน้า 53–82.

พัชรา วงศ์แสงเทียน และคณะ. (2562). การสื่อสารการตลาดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผ้าทอไหม ประดิษฐ์บ้านใหม่ซำเตย ตำบลบ้านกลาง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก. (การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

วิทยากิจ หาญจิตต์. (2567). กลยุทธ์การบริหารกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนเพื่อส่งเสริมจิตสาธารณะของนักเรียนโรงเรียนโกวิทธำรงเชียงใหม่. (การค้นคว้าอิสระศึกษาศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิสาขา ภู่จินดา. (2564). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงพยาบาลราชพิพัฒน์ สำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร. วารสารศูนย์อนามัยที่ 9, ปีที่ 15 ฉบับที่ 36, หน้า 84–98.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2563). รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมประจำปี 2563. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2567). รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมประจำปี 2567. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

อุ้มพร จำเริญสุข. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลต่อจิตสาธารณะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. David McKay.

BoŻek, A., Nowak, P. F., & Blukacz, M. (2020). The relationship between spirituality, health–related behavior, and psychological well–being. Frontiers in Psychology, 11, 1997.

Dryzin–Amit, Y., Vashdi, D. R., & Vigoda–Gadot, E. (2024). Unveiling the spirit of publicness: Conceptualization and validation of a publicness perceptions scale. Journal of General Management, 03063070241258806.

Krueathep, W., Riccucci, N. M., & Suwanmala, C. (2010). Why do agencies work together? The determinants of network formation at the subnational level of government in Thailand. Journal of Public Administration Research and Theory, 20(1), 157–185.

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2022). Qualitative data analysis: A methods sourcebook (4th ed.). SAGE Publications.

Peng, B., Li, C., He, P., Galley, M., & Gao, J. (2023). Instruction tuning with GPT–4. arXiv preprint, arXiv:2304.03277.

Puncreobutr, V. (2014). Education reform: A critical analysis. International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 8(1), 38–49.

กริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่ง

Verb Phrases in the Indian Fable “The Elephant and the Antelope”

เกียรติศักดิ์ ธนสารบริสุทธิ์[1*] และ จอมขวัญ สุทธินนท์[2]

Kiattisak Tanasanborisut[1*] and Jomkwan Sudhinont[2]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยเรื่องกริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งฉบับนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณลักษณะ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการศึกษากริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งซึ่งเป็นนิทานเรื่องหนึ่งที่อยู่ในหนังสือรวมนิทานเอกนานาชาติ โดย พร พิทยา ในแง่มุมส่วนประกอบของกริยาวลี ซึ่งแม้จะมีหน่วยกริยาเป็นส่วนประกอบหลัก แต่ก็มีวลีชนิดอื่นปรากฏร่วมด้วยได้ ผู้วิจัยพิจารณาคัดเลือกข้อมูลเชิงคุณลักษณะ คือ กริยาวลีของตัวละครช้าง เท่านั้นในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่ง และวิเคราะห์ตามแนวคิดไวยากรณ์โครงสร้าง ว่าด้วยเรื่องวลีและชนิดของคำ ผลการศึกษากริยาในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งพบกริยาวลีซึ่งก็คือวลีที่มีหน่วยกริยาเป็นส่วนประกอบหลัก 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยค ซึ่งมีลักษณะ 2 ลักษณะ ได้แก่ กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคสามัญหลายกริยาวลี และกริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคหลักหรือมุขยประโยคในประโยคซ้อน 2) กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อย ซึ่งพบแบบประโยครวมที่เกิดจากประโยคสามัญรวมกับประโยคสามัญ และ 3) กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของอนุประโยค ซึ่งพบแบบนามานุประโยค

คำสำคัญ: กริยาวลี, นิทานอินเดีย, ช้าง, ละมั่ง

Abstract

This qualitative study investigates verb phrases in the Indian fable “The Elephant and the Antelope” from World’s Classic Tales by Porn Pittaya, focusing on the utterances of the elephant character. Using the framework of structural grammar, the research analyses the structure and function of verb phrases, which, although centred on a main verb, may include other types of phrases that enhance meaning and cohesion within the text. The study aims to explore how verb phrases function as key linguistic units contributing to sentence construction and narrative flow. The findings reveal that three principal types of verb phrases: those functioning as the core components of main clauses in both simple and complex sentences; those serving as the main elements of subordinate sentences within compound structures; and those forming the essential parts of subordinate clauses, particularly noun clauses which add syntactic complexity.

Keywords: Verb phrase, The Indian fable, Elephant, antelope

[1] สาขาวิชาสื่อสร้างสรรค์และเทคโนโลยีดิจิทัล วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

[2] สาขาวิชาสังคม วัฒนธรรม และการพัฒนามนุษย์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

[1] Creative Media and Digital Technologies, Prince of Songkla University International College, Songkhla, 90110

[2] Department of Social, Cultural and Human Development, Faculty of Liberal Arts, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110

* Corresponding author : kiattisak.t@psu.ac.th

บทนำ

วลีเป็นหน่วยทางภาษาที่ใช้เป็นส่วนประกอบของประโยค โดยมีหน้าที่ในประโยคเช่น คำนามหรือกลุ่มคำนามเป็นนามวลี มีหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ เป็นประธานของประโยค กรรมของประโยค หน่วยเติมเต็มของประโยค หรือหน่วยเสริมความของกริยาหรือประโยค (วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล, 2552, น. 66 และ 76–77)

คำกริยาหรือกลุ่มคำกริยา เป็นกริยาวลี มีหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ ส่วนประกอบหลักของประโยค ส่วนประกอบหลักของประโยคย่อย หรือส่วนประกอบหลักของอนุประโยค (วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล, 2552, น. 81–82) ส่วนนี้เป็นหัวใจของประโยค มี 2 ประเภท ได้แก่ คำกริยาหรือกลุ่มคำกริยาที่มีหน่วยกรรม ซึ่งก็คือคำหรือกลุ่มคำกริยาสกรรม กับคำกริยาหรือกลุ่มคำกริยาที่ไม่มีหน่วยกรรม ซึ่งจำแนกได้เป็น คำหรือกลุ่มคำกริยาอกรรม คำหรือกลุ่มคำกริยาคุณศัพท์ คำหรือกลุ่มคำกริยาต้องเติมเต็ม คำหรือกลุ่มคำกริยานำ และคำหรือกลุ่มคำกริยาตาม (วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล, 2552, น. 32–39) ซึ่งอาจมีคำช่วยกริยาปรากฏร่วมด้วย (วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล, 2552, น. 40)

นิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งเป็นนิทานเรื่องหนึ่งที่อยู่ในหนังสือรวมนิทานเอกนานาชาติ โดย พร พิทยา (2506) ซึ่งระบุว่าเป็น “นิทานที่คัดสรรแล้ว จากนานาชาติ ให้คติชีวิต สอนใจ เด็กอ่านได้ ผู้ใหญ่อ่านดี” เป็นนิทานอินเดียที่ปรากฏกริยาวลีอันแสดงนัยของการระทำรวมถึงสภาพของตัวละครละมั่งในแง่มุมของการเป็นผู้กระทำและช้างในแง่มุมของการเป็นผู้ถูกกระทำ ทั้งที่ช้างเป็นสัตว์ใหญ่และจัดเป็นสิ่งมหัศจรรย์อย่างหนึ่งตามความเชื่อของลัทธิศาสนาพราหมณ์ ทั้งปรากฏว่ามีบันทึกเรื่องราวไว้เป็นตำรา เป็นศาสตร์สำคัญแขนงหนึ่งที่อินเดียมีมาแต่โบราณ คือ ตำราคชศาสตร์ (หอสมุดแห่งชาติ, กรมศิลปากร, กระทรวงวัฒนธรรม, ม.ป.ป.)

เนื้อหาของนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งเกี่ยวข้องกับการใช้อุบายของละมั่งซึ่งเป็นสัตว์ขนาดเล็กโดยกล่าวอ้างถึงกษัตริย์เพื่อการแก้ไขปัญหาที่ได้รับผลกระทบด้านแหล่งน้ำซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการดำรงชีวิตจากช้างซึ่งเป็นสัตว์ขนาดใหญ่ และแม้ว่าช้างจะมีขนาดใหญ่และเป็นสิ่งมหัศจรรย์ของลัทธิศาสนาพราหมร์ แต่กลับตกเป็นเหยื่ออุบายของละมั่งซึ่งเป็นสัตว์เล็กที่เฉลี่ยวฉลาดใช้อุบายความเชื่อด้านพระเจ้าและกษัตริย์มากล่าวอ้างให้ยอมตาม นอกจากนิทานเรื่องนี้จะเป็นเครื่องมือในการสอนเด็ก ๆ เกี่ยวกับความฉลาดและไหวพริบในการแก้ไขปัญหาแล้ว ยังสะท้อนถึงความคิดสร้างสรรค์และความจินตนาการของคนในยุคก่อน ลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะเฉพาะอันสะท้อนปฏิภาณของผู้เขียน ชวนให้การอ่านสนุก น่าสนใจ และน่าติดตาม (Tanasanborisut, K and Sudhinont, J. 2025, p. 854)

ด้วยคุณค่าของนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งและความเป็นมาของกริยาวลี ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญที่จะศึกษาเรื่องกริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่ง อันเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยเติมเต็มความรู้ด้านตัวอย่างของกริยาวลีที่ปรากฏในเนื้อเรื่อง และเพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับกริยาวลีได้เข้าใจกริยาวลีประกอบตัวอย่างกริยาวลีอย่างชัดเจน ทั้งการวิเคราะห์นี้ช่วยให้เข้าใจลึกซึ้งถึงความหมายและความสำคัญของนิทานเรื่องนี้ได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการรู้เท่าทันกลอุบายความเชื่อพระเจ้าในสังคมอินเดียอีกด้วย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษากริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่ง

1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกริยาวลีและนิทานดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกริยาวลี

กริยาวลีเป็นวลีที่มีหน่วยกริยาเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งอาจปรากฏวลีชนิดอื่นร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้ กริยาที่เป็นส่วนหลักของกริยาวลีอาจเป็นคำกริยาเพียงคำเดียวหรือคำกริยาหลายคำเรียงต่อกันก็ได้ หากเป็นคำกริยาเพียงคำเดียว จำกัดเฉพาะคำกริยาอกรรม คำกริยาคุณศัพท์ คำกริยาต้องเติมเต็ม คำกริยาสกรรม และคำกริยาทวิกรรมเท่านั้น (วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล, 2552, น. 81–82) ซึ่งงานวิจัยเรื่องกริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งนี้ก็ใช้ขอบเขตแนวคิดกริยาวลีที่ว่า กริยาวลีอาจเป็นคำกริยาเพียงคำเดียวหรือหลายคำก็ได้ สำคัญที่คำกริยาคำเดียวหรือหลายคำนั้นจะต้องเป็นส่วนประกอบหนึ่งของประโยค (กาญจนา นาคสกุล อนันต์ เหล่าเลิศวรกุล ปราณี ปราบริปู และจารุวรรณ เทียนเงิน, 2558, น. 93)

ส่วนเสริมส่วนหลักของกริยาวลี คือ ส่วนที่ช่วยเสริมความหมายของกริยาที่ทำหน้าที่เป็นส่วนหลักของกริยาวลีให้สมบูรณ์ขึ้นหรือชัดเจนมากขึ้น ปรากฏได้ทั้งหน้าและหลังกริยาที่ทำหน้าที่เป็นส่วนหลัก (วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล, 2552, น. 83) และส่วนขยายของกริยาวลี คือ ส่วนประกอบของกริยาวลี คือ ส่วนประกอบของกริยาวลีที่ทำหน้าที่ขยายกริยาซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนหลักของกริยาวลี ได้แก่ บุพบทวลี วิเศษณ์วลี และปริมาณวลี (วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล, 2552, น. 86)

งานวิจัยเกี่ยวกับกริยาวลีปรากฏทั้งการศึกษาในข้อมูลภาษาไทย เช่น การศึกษาวิเคราะห์กริยาวลีในจารึกพะเยา (ธัช มั่นต่อการ สุนันท์ อัญชลีนุกูล จารุวรรณ เบญจาทิกุล และวรวรรธน์ ศรียาภัย, 2562, น. 67) ผลการศึกษาพบโครงสร้างทางกริยาวลี 3 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนหลักของกริยาวลี 2) ส่วนเสริมของกริยาวลี และ 3) ส่วนขยายของกริยาวลี

นอกจากนี้ยังปรากฏการศึกษากริยาวลีในข้อมูลภาษาต่างประเทศ เช่น กริยาวลีในภาษาอังกฤษ (พีรพัฒน์ ยางกลาง, 2556, น. 142) ผลการศึกษาพบว่าจำแนกกริยาวลีได้ 3 ประเภท ได้แก่ อกรรมกริยาวลีที่แยกจากกันไม่ได้ 2) สกรรมกริยาวลีที่แยกจากกันได้ และ 3) กรรมกริยาวลีที่แยกจากกันไม่ได้

1.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับนิทาน

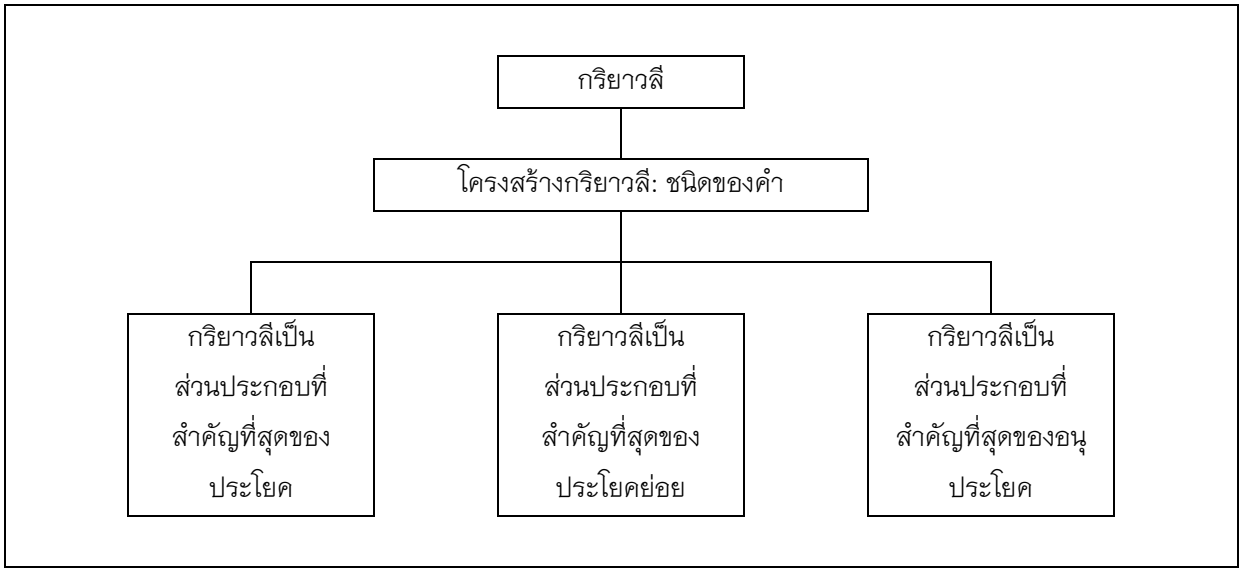
ในมุมมองของไอน์สไตน์เห็นว่านิทานส่งเสริมความฉลาดได้ เนื่องจากนิทานทำให้พ่อแม่ผู้เล่านิทานแก่ลูกได้ใกล้ชิดกับลูก สร้างความผูกพัน มั่นใจ เชื่อมั่นในตนเอง จึงเสริมปัญญาเด็กได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้นิทานยังปลูกฝังให้เด็กช่างคิด ช่างถาม ช่างสังเกต ทำให้เด็กเรียนรู้ภาษาได้อย่างรวดเร็ว จับประเด็นเก่ง วิเคราะห์เก่ง สร้างสมาธิให้เด็ก สร้างคุณธรรมแก่เด็กได้ง่าย มีส่วนช่วยให้เด็กมีความฉลาดทางอารมณ์ และส่งเสริมให้เด็กรักการอ่าน (สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2553, น. 4–9)

งานวิจัยเกี่ยวกับนิทานพบในแง่มุมเกี่ยวกับวัจนลีลาในประโยคที่ปรากฏคำเลียนเสียงธรรมชาติในชุดนิทานสำหรับเด็กของตุ๊บปอง (มาลิษา ยอดประดิษฐ์ และจอมขวัญ สุทธินนท์, 2563, น. 95) ผลการวิจัยพบวัจนลีลา 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) เรียบง่าย และ 2) ดึงดูดความสนใจ นอกจากนี้ยังพบงานวิจัยที่ศึกษาในหนังสือรวมนิทานเอกนานาชาติ โดย พร พิทยา (2506) อย่างเฉพาะเจาะจง ได้แก่ งานเรื่อง วิเคราะห์การใช้ราชาศัพท์ "ทรง" ในนิทานจีนเรื่องจักรพรรดิณีผู้ไม่มีวิญญาณ (รัชนีฉาย เฉยรอด และจอมขวัญ สุทธินนท์, 2568, น. 95–108) ผลการวิจัยพบ

รูปแบบโครงสร้างถ้อยคำที่ใช้คำราชาศัพท์ประกอบหน้าคำ คำว่า “ทรง” จำนวน 3 โครงสร้าง ได้แก่ โครงสร้างที่ 1) ทรง + คำนามสามัญ 2) ทรง + คำกริยาสามัญ และ 3) ทรง + คำกริยาราชาศัพท์

2. กรอบความคิดในงานวิจัย

กรอบแนวคิดของการศึกษากริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งมีดังนี้



วิธีวิทยาการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

แหล่งข้อมูล: นิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งเป็นนิทานเรื่องหนึ่งที่อยู่ในหนังสือรวมนิทานเอกนานาชาติ โดย พร พิทยา (2506, น. 1–6)

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาความรู้เกี่ยวกับกริยาวลีซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวลีและประโยค
2. พิจารณาแหล่งข้อมูลที่ใช้สำนวนภาษาที่ปรากฏกริยาวลีของตัวละครช้างอย่างชัดเจน
3. รวบรวมกริยาวลีของตัวละครช้างจากแหล่งข้อมูลในตารางซึ่งเป็นเครื่องมือการวิจัย
4. วิเคราะห์ลักษณะกริยาวลีโดยปรับแนวคิดเรื่องวลี จากประเด็นส่วนประกอบของวลี ได้แก่ ส่วนหลัก ส่วนเสริม และส่วนขยาย ของ วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล (2552, น. 81–87)
5. นำเสนอผลการศึกษารูปแบบพรรณนาวิเคราะห์ประกอบตัวอย่าง
6. สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษารูปแบบวิพากษ์ประกอบแหล่งข้อมูลสนับสนุนความคิดเกี่ยวกับกริยาวลี

ผลการศึกษา

การศึกษากริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งพบกริยาวลีซึ่งก็คือวลีที่มีหน่วยกริยาเป็นส่วนประกอบหลัก 3 ลักษณะ ได้แก่ กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยค กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อย และกริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของอนุประโยค ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยค

กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยค มี 2 ลักษณะ ได้แก่ ประโยคสามัญหลายกริยาวลี กับประโยคหลักหรือมุขยประโยคในประโยคซ้อน ดังนี้

1.1 กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคสามัญหลายกริยาวลี

กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคสามัญหลายกริยาวลี มีลักษณะโครงสร้างดังตัวอย่างกริยาวลี ในตัวอย่างที่ 1–2

ตัวอย่างที่ 1 "... ก็ปฏิบัติตามถ้อยคำของละมั่งเป็นอย่างดี" (พร พิทยา, 2506, น. 15)

ประโยค					
	กริยาวลี				
นามวลี	กริยาวลี			บุพบทวลี	
	คำเชื่อมเสริม	กริยาวลี	นามวลี	บุพบทวลี	วิเศษณ์วลี
พญาช้าง	ก็	ปฏิบัติตาม	ถ้อยคำ	ของละมั่ง	เป็นอย่างดี

ตัวอย่างที่ 1 กริยาวลี "... ก็ปฏิบัติตามถ้อยคำของละมั่งเป็นอย่างดี" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะบุพบทวลีซ้อนอยู่ใต้กริยาวลี และเป็นกริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคสามัญหลายกริยาวลี ของประโยค "พญาช้างก็ปฏิบัติตามถ้อยคำของละมั่งเป็นอย่างดี"

ข้อความดังกล่าวแสดงว่าช้างถูกกระทำจากละมั่ง คือ ยอมเชื่อและปฏิบัติตามอุบายของละมั่ง ที่ให้ช้างไปวิงวอนต่อเทพเจ้า ที่ละเมิดแหล่งน้ำกินของละมั่ง

ตัวอย่างที่ 2 "... กระทำไปด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์" (พร พิทยา, 2506, น. 15)

ประโยค			
	กริยาวลี		
นามวลี	กริยาวลี	บุพบทวลี	
		บุพบทวลี	นามวลี
ลูกช้าง	กระทำไป	ด้วย	ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์

ตัวอย่างที่ 2 กริยาวลี "... กระทำไปด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะบุพบทวลีซ้อนอยู่ใต้กริยาวลี และเป็นกริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคสามัญหลายกริยาวลี ของประโยค "ลูกช้างกระทำไปด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์"

ข้อความดังกล่าวแสดงว่าช้างถูกกระทำจากละมั่ง คือ วิงวอนต่อเทพเจ้าตามคำสั่งของละมั่ง ที่ละเมิดแหล่งน้ำกินของละมั่ง

1.2 กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคหลักหรือมุขยประโยคในประโยคซ้อน

กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคหลักหรือมุขยประโยคในประโยคซ้อน มีลักษณะโครงสร้างดังตัวอย่างกริยาวลี ในตัวอย่างที่ 3-4

ตัวอย่างที่ 3 "... ก็มีความทุกข์มหันต์" (พร พิทยา, 2506, น. 13)

อนุประโยค				ประโยค		
คำเชื่อมอนุประโยค	นามวลี	กริยาวลี		นามวลี	กริยาวลี	
		กริยาวลี	นามวลี	นามวลี	กริยาวลี	นามวลี
เมื่อ	สัตว์ใหญ่	ได้มี	ความสุขอนันต์	สัตว์เล็ก	ก็มี	ความทุกข์มหันต์

ตัวอย่างที่ 3 กริยาวลี "... ก็มีความทุกข์มหันต์" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะนามวลีซ้อนอยู่ใต้กริยาวลี โดยมี "ก็" เป็นคำเชื่อมเสริมปรากฏข้างหน้าคำกริยาต้องเติมเต็ม "มี" เป็นกริยาวลี "ก็มี" และเป็นกริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคหลักหรือมุขยประโยคในประโยคซ้อน ของประโยค "เมื่อสัตว์ใหญ่ได้มีความสุขอนันต์ สัตว์เล็กก็มีความทุกข์มหันต์"

ข้อความดังกล่าวแสดงว่าช้างเป็นผู้กระทำให้ละมั่งได้รับความเดือดร้อนจากการใช้สระน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำกินของละมั่งอยู่ก่อน

ตัวอย่างที่ 4 "... ยังได้ให้สัญญาไว้" (พร พิทยา, 2506, น. 15)

ประโยค			อนุประโยค		
			คำเชื่อม	กริยาวลี	
คำเชื่อมสัมพันธสาร	นามวลี	กริยาวลี	อนุประโยค	กริยาวลี	บุพบทวลี
ยิ่งกว่านั้น	พญาช้าง	ยังได้ให้สัญญาไว้	ว่า	จะไม่ย่างกรายเข้ามา	ในถิ่นนี้อีกเลย

ตัวอย่างที่ 4 กริยาวลี "... ยังได้ให้สัญญาไว้ ..." แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาเรียง โดยมี "ยัง" และ "ได้" เป็นคำช่วยกริยา "ให้" เป็น "กริยาทวิกรรม" คือ คำกริยาที่มีนามวลี 2 นามวลีตามหลัง นามวลี "สัญญา" เป็นนามวลีแรกทำหน้าที่เป็นกรรมตรง ส่วนนามวลีที่สองไม่ปรากฏโดยตรง แต่เข้าใจได้ว่าหมายถึง "ละมั่ง" โดยถือว่าเป็นรอยสุญภาค (empty category) เช่นเดียวกับการพูดและสนทนา กล่าวคือเป็นเพียงสัญลักษณ์ในไวยากรณ์เพื่อให้รู้ว่าตำแหน่งเดิมของส่วนประกอบ (constituent) นั้นอยู่ที่ใด (อุดม วโรตม์สิกขดิตถ์, 2538, น. 5) ของประโยค "ยิ่งกว่านั้นพญาช้างยังได้ให้สัญญาไว้ ..."

ข้อความดังกล่าวแสดงว่าช้างถูกกระทำจากละมั่ง คือ เชื่อตามกลอุบายของละมั่งโดยสนิทใจ ถึงขั้นให้สัญญาแก่ละมั่งว่าจะไม่ย่างกรายเข้ามาในแหล่งน้ำของละมั่งอีกเลย

2. กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อย

กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อย พบแบบประโยครวมที่เกิดจากประโยคสามัญรวมกับประโยคสามัญ มีลักษณะโครงสร้างดังตัวอย่างกริยาวลี ในตัวอย่างที่ 5-6

ตัวอย่างที่ 5 "... เดือดร้อนด้วยเรื่องน้ำสำหรับกิน" และ "... จึงพากันร้องทุกข์ต่อประมุขของมัน" (พร พิทยา, 2506, น. 13)

ประโยคย่อย					ประโยคย่อย		
นามวลี		กริยาวลี			กริยาวลี		
		กริยาวลี	บุพบทวลี		กริยาวลี	บุพบทวลี	
นามวลี	วิเศษณ์วลี		บุพบทวลี	บุพบทวลี		บุพบทวลี	บุพบทวลี
บรรดา	ช้างทั้งหลาย	เดือดร้อน	ด้วยเรื่องน้ำ	สำหรับกิน	จึงพากันร้องทุกข์	ต่อประมุข	ของมัน

ตัวอย่างที่ 5 กริยาวลี "... เดือดร้อนด้วยเรื่องน้ำสำหรับกิน" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะบุพบทวลีซ้อนอยู่ใต้กริยาวลี เป็นกริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อยของประโยคสามัญของประโยค "บรรดาช้างทั้งหลายเดือดร้อนด้วยเรื่องน้ำสำหรับกิน"

ส่วนกริยาวลี "... จึงพากันร้องทุกข์ต่อประมุขของมัน" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะบุพบทวลีซ้อนอยู่ใต้กริยาวลี โดยมีคำเชื่อมเสริม "จึง" ปรากฏข้างหน้ากริยาวลี และเป็นกริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อยของประโยคสามัญ ของประโยค "(บรรดาช้างทั้งหลาย) จึงพากันร้องทุกข์ต่อประมุขของมัน"

ประโยควรวมที่เกิดจากประโยคสามัญรวมกับประโยคสามัญ ดังกล่าว คือ "บรรดาช้างทั้งหลายเดือดร้อนด้วยเรื่องน้ำสำหรับกินจึงพากันร้องทุกข์ต่อประมุขของมัน" ข้อความดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าช้างถูกกระทำจากละมั่ง คือ ละมั่งออกอุบายเพื่อไม่ใช้ช้างกินน้ำจากแหล่งน้ำกินที่ละมั่งใช้อยู่ก่อน จึงนำไปสู่การร้องทุกข์เพื่อออกค้นหาแหล่งน้ำกินแหล่งใหม่

ตัวอย่างที่ 6 "...จึงออกเสาะหาแหล่งน้ำในที่ใกล้และไกล" และ "... ไม่ช้าก็พบสระใหญ่" (พร พิทยา, 2506, น. 13)

ประโยคย่อย							ประโยคย่อย
นามวลี	กริยาวลี	นามวลี		กริยาวลี			
		นามวลี	บุพบทวลี	กริยาวลี	คำเชื่อมเสริม	กริยาวลี	นามวลี
พญาช้างผู้นำโขลง	จึงออกเสาะหา	แหล่งน้ำ	ในที่ใกล้และไกล	ไม่ช้า	ก็	พบ	สระใหญ่

ตัวอย่างที่ 6 กริยาวลี "...จึงออกเสาะหาแหล่งน้ำในที่ใกล้และไกล" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะบุพบทวลีซ้อนอยู่ใต้นามวลีวลี และนามวลีซ้อนอยู่ใต้กริยาวลีอีกชั้นหนึ่ง เป็นกริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อยของประโยคสามัญของประโยค "พญาช้างผู้นำโขลงจึงออกเสาะหาแหล่งน้ำในที่ใกล้และไกล"

ส่วนกริยาวลี "... ไม่ช้าก็พบสระใหญ่" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะกริยาวลี และนามวลี ซ้อนอยู่ใต้กริยาวลี โดยมีคำปฏิเสธกริยา "ไม่" ปรากฏข้างหน้ากริยาวลี เป็นกริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อยของประโยคสามัญของประโยค "ไม่ช้า (ช้าง) ก็พบสระใหญ่"

อย่างไรก็ตาม ข้อสังเกตของกริยาวลี "... ไม่ช้าก็พบสระใหญ่" คือ ชนิดของคำ คำว่า "ช้า" เป็นคำวิเศษณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นหน่วยขยายกริยา อย่างไรก็ตาม บริบทนี้คำว่า "ช้า" ทำหน้าที่เสมือนกริยานำที่ปรากฏหน้ากริยาอื่น เมื่อรวมกับคำกริยาที่ตามา จึงปรากฏเป็นโครงสร้างกริยาเรียงที่ถูกคั่นด้วยคำเชื่อมเสริม "ก็" นำหน้าเป็นกริยาวลี "พบ" ที่เป็นส่วนประกอบหลักของประโยคย่อย ของประโยค "พญาช้างผู้นำโขลงจึงออกเสาะหาแหล่งน้ำในที่ใกล้และไกล ไม่ช้าก็พบสระใหญ่"

ข้อความดังกล่าวแสดงว่าช้างถูกกระทำจากละมั่ง คือ ช้างเชื่อกลอุบายลวงของละมั่งเพื่อขับไล่ช้างไม่ให้กินน้ำจากสระน้ำที่ละมั่งกินอยู่เดิม และในที่สุดช้างก็ได้ "... พบสระใหญ่"

3. กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของอนุประโยค

กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของอนุประโยค พบแบบนามานุประโยค มีลักษณะโครงสร้างดังตัวอย่างกริยาวลี ในตัวอย่างที่ 7–8

ตัวอย่างที่ 7 "... พากันไปกินน้ำที่สระนั้นทุกวัน" (พร พิทยา, 2506, น. 13)

อนุประโยค					ประโยค	
นามวลี	กริยาวลี				นามวลี	กริยาวลี
	กริยาวลี	นามวลี	บุพบทวลี			
			บุพบทวลี	คำบอกจำนวน		
การที่ช้างโขลงใหญ่	พากันไปกิน	น้ำ	ที่สระนั้น	ทุกวัน	ละมั่ง	คงจะต้องสูญพันธุ์อย่างไม่ต้องสงสัย

ตัวอย่างที่ 7 กริยาวลี "... พากันไปกินน้ำที่สระนั้นทุกวัน" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะนามวลี และบุพบทวลี ซ้อนอยู่ใต้กริยาวลี โดยมีโครงสร้างกริยาเรียง "พา ... ไปกิน" เป็นกริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของอนุประโยคประเภทนามานุประโยค โดยมีคำว่า "ที่" เป็นคำเชื่อมนามานุประโยคซึ่งนำหน้านามานุประโยค "การที่ช้างโขลงใหญ่พากันไปกินน้ำที่สระนั้นทุกวัน ..."

ข้อความดังกล่าวแสดงว่าช้างทำให้ละมั่งได้รับความเดือดร้อน และนำไปสู่การออกอุบายเพื่อขับไล่ช้างไปจากสระน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำกินของละมั่ง

ตัวอย่างที่ 8 "... กระทำไปด้วยความไม่รู้จริง ๆ" (พร พิทยา, 2506, น. 15)

ประโยค						อนุประโยค		
ประโยคย่อย	ประโยคย่อย			กริยาวลี	คำเชื่อมอนุประโยค	นามวลี	กริยาวลี	
นามวลี	กริยาวลี						กริยาวลี	บุพบทวลี
	กริยาวลี	คำเชื่อมเสริม	กริยาวลี	กริยาวลี				
พญาช้าง	ได้ฟังดังนั้น	ก็	มีความกลัว	แก้ตัว	ว่า	มัน	กระทำไป	ด้วยความไม่รู้จริง ๆ

ตัวอย่างที่ 8 กริยาวลี "... กระทำไปด้วยความไม่รู้จริง ๆ" แสดงให้เห็นโครงสร้างกริยาวลีแบบวลีซ้อนวลีในลักษณะบุพบทวลี ซ้อนอยู่ใต้กริยาวลี เป็นกริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของอนุประโยคประเภทนามานุประโยค โดยมีคำว่า "ว่า" เป็นคำเชื่อมนามานุประโยคซึ่งนำหน้านามานุประโยค "(พญาช้าง) แก้ตัวว่ามันกระทำไปด้วยความไม่รู้จริง ๆ"

ข้อความดังกล่าวแสดงว่าช้างถูกกระทำจากละมั่ง คือ เชื่อตามกลอุบายของละมั่งจึงกลัว และแก้ตัวว่ากินน้ำในสระเพราะความไม่รู้

กริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งของตัวละครช้างปรากฏหน้าที่ของกริยา 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) กริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบหลักของประโยค 2) กริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบหลักของประโยคย่อย และ 3) กริยาวลีที่เป็นส่วนประกอบหลักของอนุประโยค

กริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งตามขอบเขตการศึกษาคือกริยาวลีของตัวละครช้าง สะท้อนให้เห็นอาการและสภาพของตัวละครช้างที่เป็นภาคแสดงในแง่มุมของผู้ถูกกระทำจากละมั่งซึ่งเป็นสัตว์ขาดเล็กกว่า เนื่องจากละมั่งได้รับความเดือดร้อยเรื่องแหล่งน้ำกินจากช้างที่มากินน้ำในสระที่ละมั่งใช้กินอยู่ก่อน จึงจำเป็นต้องใช้กลอุบายอ้างถึงพระเจ้าเพื่อให้ช้างเชื่อว่าช้างละเมิดข้อกำหนดของพระเจ้าที่ให้ละมั่งเป็นผู้พิทักษ์รักษาสระน้ำ ละมั่งจึงได้สระน้ำแห่งนั้นกลับมาใช้สอยเช่นเดิม

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษากริยาวลีในนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่งพบกริยาวลีซึ่งก็คือวลีที่มีหน่วยกริยาเป็นส่วนประกอบหลัก 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยค มี 2 ลักษณะ ได้แก่ ประโยคสามัญหลายกริยาวลี กับ ประโยคหลักหรือมุขยประโยคในประโยคซ้อน 2) กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของประโยคย่อย พบแบบประโยครวมที่เกิดจากประโยคสามัญรวมกับประโยคสามัญ และ 3) กริยาวลีเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของอนุประโยค พบแบบนามานุประโยค

โครงสร้างกริยาวลีทุกลักษณะข้างต้นมักมีโครงสร้างเป็นกริยาเรียง เนื่องจากหน่วยกริยาที่เรียงต่อเนื่องกันเหล่านั้นต่างก็มีคุณสมบัติแตกต่างกัน (ธัช มั่นต่อการ สุนันท์ อัญชลีนุกูล จารุวรรณ เบญจาทิกุล และวรวรรธน์ ศรียาภัย, 2562, น. 68) เช่น กริยาวลี "... จึงพากันร้องทุกข์ต่อประมุขของมัน" ในตัวอย่างที่ 5 กริยาวลี "...จึงออกเสาะหาแหล่งน้ำในที่ใกล้และไกล" และ "... ไม่ช้าก็พบสระใหญ่" ในตัวอย่างที่ 6 "... พากันไปกินน้ำที่สระนั้นทุกวัน" และกริยาวลี "... กระทำไปด้วยความไม่รู้จริง ๆ" ในตัวอย่างที่ 8

นอกจากนี้ ยังพบว่าคำกริยาที่ปรากฏในกริยาวลีมีความหมายได้หลากหลายขึ้นกับปริบท (รุ่งรวิน เอี่ยมจิตต์ และอังค์วรา เหลืองนภา, 2563, น. 93) ดังคำกริยา "ไป" ในกริยาวลี "... กระทำไปด้วยความไม่รู้จริง ๆ" ในตัวอย่างที่ 8 ไม่ได้มีนัยความหมายถึงการเคลื่อนตัวหรือเคลื่อนออกจากตัวผู้พูด แต่เป็นคำประกอบท้ายคำกริยา "กระทำ" เพื่อเน้นความหมายให้หนักแน่น

ส่วนเสริมของกริยาวลีประกอบได้ทั้งคำช่วยกริยา เช่น กริยาวลี "... ยังได้ให้สัญญาไว้" ในตัวอย่างที่ 4 ประกอบได้ทั้งคำปฏิเสธ เช่น กริยาวลี "... ไม่ช้าก็พบสระใหญ่" ในตัวอย่างที่ 6 และประกอบได้ทั้งกรรมตรง เช่น กริยาวลี "... พากันไปกินน้ำที่สระนั้นทุกวัน" ในตัวอย่างที่ 8 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาเรื่อง การศึกษาวิเคราะห์กริยาวลีในจารึกพะเยา (ธัช มั่นต่อการ สุนันท์ อัญชลีนุกูล จารุวรรณ เบญจาทิกุล และวรวรรธน์ ศรียาภัย, 2562, น. 71–72) ที่พบโครงสร้างทางกริยาวลี 3 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนหลักของกริยาวลี 2) ส่วนเสริมของกริยาวลี และ 3) ส่วนขยายของกริยาวลี

การศึกษาแง่มุมต่าง ๆ ในนิทานอินเดีย มักแฝงนัยความผูกพันระหว่างคนกับช้าง สอดคล้องกับการวิเคราะห์อนุภาคในนิทานพื้นบ้านรัฐ "เกรละ" ประเทศอินเดีย: ภาพสะท้อนความเชื่อและวิถีชีวิต (ชลธิชา หอมฟุ้ง, 2563, น. 9) เรื่อง “การแก้แค้นของช้าง” มีเนื้อหาสะท้อนความเชื่อประเพณี พิธีกรรม และกิจกรรมเกี่ยวกับช้าง เช่น เทศกาลช้าง PooramGajamela หรือแปลเป็นภาษาอังกฤษว่า KeralaElephant Festivals หรือตราสัญลักษณ์ประจำรัฐบาลของเกรละที่ใช้ช้างเป็นสัญลักษณ์ สิ่งเหล่านี้ล้วนแสดงให้เห็นวิถีชีวิตที่ผูกพันกับช้างที่สะท้อนผ่านนิทานโดยเชื่อมโยงสู่วิถีชีวิตจริง

นิทานพื้นบ้านรัฐ "เกรละ" ประเทศอินเดียเรื่อง “การแก้แค้นของช้าง” ดังกล่าวสอดคล้องกับนิทานอินเดียเรื่องช้างกับละมั่ง ในแง่มุมของช้าง ที่ไม่ได้นำเสนอในมุมมองที่ว่าช้างเป็นสิ่งมหัศจรรย์อย่างหนึ่งตามความเชื่อของลัทธิศาสนาพราหมณ์ แต่กำหนดให้เป็นตัวละครตามความคิดและจินตนาการของมนุษย์ โดยให้ช้างมีอารมณ์และความรู้สึก (ชลธิชา หอมฟุ้ง, 2563, น. 13) ถูกกลอุบายลวง ได้เช่นเดียวกับมนุษย์

การศึกษาภาษาในนิทานจึงไม่เพียงทำให้ได้ข้อค้นพบในเชิงภาษาเท่านั้น แต่ยังก่อให้เกิดสุนทรียะและได้เรียนรู้วิถีชีวิต กลอุบาย และความเชื่อจากเรื่องราวในนิทานได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ ได้รับทุนการนำเสนอจากวิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา นาคสกุล อนันต์ เหล่าเลิศวรกุล ปราณี ปราบริปู และจารุวรรณ เทียนเงิน. (2558). หนังสืออุเทศภาษาไทยหลักภาษาไทย: เรื่องที่ครูภาษาไทยต้องรู้. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ สถาบันภาษาไทย สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.

ชลธิชา หอมฟุ้ง. (2563). การวิเคราะห์อนุภาคในนิทานพื้นบ้านรัฐ "เกรละ" ประเทศอินเดีย: ภาพสะท้อนความเชื่อและวิถีชีวิต. มนุษยศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 21(1), 9-33.

ธัช มั่นต่อการ สุนันท์ อัญชลีนุกูล จารุวรรณ เบญจาทิกุล และวรวรรธน์ ศรียาภัย. (2562). การศึกษาวิเคราะห์กริยาวลีในจารึกพะเยา. วารสารสถาบันวิจัยญาณสังวร มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย. 10(1), 67-76.

พร พิทยา. (2506). ช้างกับละมั่ง ใน รวมนิทานเอกนานาชาติ โดย พร พิทยา. พระนคร: อมรการพิมพ์.

พีรพัฒน์ ยางกลาง. (2556). กริยาวลีในภาษาอังกฤษ. วารสารอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 35(1), 142-160.

มาลิษา ยอดประดิษฐ์ และจอมขวัญ สุทธินนท์. (2563). วัจนลีลาในประโยคที่ปรากฏคำเลียนเสียงธรรมชาติในชุดนิทานสำหรับเด็กของตุ๊บปอง. วารสารวิชาการ มจร บุรีรัมย์, 5(1), 95-108.

รัชนีฉาย เฉยรอด และจอมขวัญ สุทธินนท์. (2568). วิเคราะห์การใช้ราชาศัพท์ "ทรง" ในนิทานจีนเรื่องจักรพรรดิณีผู้ไม่มีวิญญาณ. งานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 5 อีสานเปลี่ยนโลกพุทธนวัตกรรมพัฒนา Soft power เพื่อสังคมสันติสุข และความเสมอภาคในยุค AI The 7th National and 5th International Conference 2025. มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตขอนแก่น.

รุ่งรวิน เอี่ยมจิตต์ และอังศ์วรา เหลืองนภา. (2563). การวิเคราะห์กริยาวลีในข้อสอบโทอิค. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 3(1), 87-94.

วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล. (2552). ชนิดของคำ. ใน วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และคณะ (บ.ก.), บรรทัดฐานภาษาไทย เล่ม 3: ชนิดของคำ วลี ประโยค แลพสัมพันธสาร, (16-65) กรุงเทพฯ: สถาบันภาษาไทย สำนักวิชาการลาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมาการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และอนันต์ เหล่าเลิศวรกุล. (2552). วลี. ใน วิจินตน์ ภาณุพงศ์ และคณะ (บ.ก.), บรรทัดฐานภาษาไทย เล่ม 3: ชนิดของคำ วลี ประโยค แลพสัมพันธสาร, (66–90) กรุงเทพฯ: สถบันภาษาไทย สำนักวิชาการลาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมาการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2553). นิทานอีสป. นนทบุรี: สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย.

หอสมุดแห่งชาติ, กรมศิลปากร, กระทรวงวัฒนธรรม. (ม.ป.ป.). กำเนิดช้าง. จาก https://www.nlt.go.th/service/1565

อุดม วโรตม์สิกขดิตถ์. (2538). ไวยากรณ์ไทยในภาษาศาสตร์ THAI GRAMMAR IN LINGUISTICS (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สานักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Tanasanborisut, K and Sudhinont, J. (2025). Compound Words from the Thai Folktale “Ta Then Long Hon”, The 5th International Conference on Language Culture and Society ASEAN–China 2025. (pp. 853–871), Hanoi – Sapa, Vietnam.

การแก้ปัญหาการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ และ ร /r/ ในภาษาไทยของผู้พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ โดยใช้การอธิบายฐานกรณ์

The Correction of Initial Consonant Pronunciation of ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ and ร /r/ in Thai among Native Chinese Speakers through Articulatory Explanation

ฮาซัน บัวเชย[1*] และ จอมขวัญ สุทธินนท์[1]

Hasun Bauchey[1*] and Jomkwan Sudhinont[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/ ในภาษาไทยของผู้พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่โดยใช้วิธีการอธิบายฐานกรณ์ ผู้วิจัยซึ่งเป็นครูสอนภาษาไทยพบว่าผู้เรียนชาวไต้หวันส่วนใหญ่มักออกเสียงหน่วยเสียงดังกล่าวไม่ถูกต้อง จึงพัฒนาวิดีโอการสอนที่สามารถอธิบายตำแหน่งและวิธีการออกเสียงตามหลักสัทศาสตร์ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลก่อนและหลังการเรียนการรับชมวิดีโอจากกลุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ McNemar's Exact Test จากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการออกเสียงถูกต้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยเฉพาะหน่วยเสียง ง /ŋ/, ซึ่งมีพัฒนาการเด่นชัดที่สุด รองลงมาคือเสียง ด /d/ และ บ /b/ อย่างไรก็ตาม หน่วยเสียง ร /r/ ยังคงเป็นเสียงที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถออกเสียงได้อย่างถูกต้องแม้หลังการทดลอง สรุปได้ว่า วิธีการอธิบายฐานกรณ์เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาการออกเสียงภาษาไทยของกลุ่มตัวอย่างที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ได้จริง แต่จำเป็นต้องใช้เวลาในการแก้ไขปัญหาการออกเสียงนานขึ้นสำหรับหน่วงเสียง /r/ ที่มีระดับความยากในการออกเสียงสูงกว่าเสียงอื่น ๆ

คำสำคัญ: การอธิบายฐานกรณ์, ผู้เรียนภาษาภาษาไทยชาวจีน, หน่วยเสียงพยัญชนะต้น

Abstract

The present study aimed to improve the pronunciation of the Thai initial consonants /ŋ/, /d/, /b/, and /r/ among native Chinese-speaking learners using the articulatory explanation method. Based on the researcher's teaching experience, Taiwanese learners frequently mis produce these consonants. To address this issue, instructional videos were developed to demonstrate the place and manner of articulation according to phonetic principles. Pre- and post-instruction data were collected after the participants watched the videos, and the results were analyzed using McNemar's Exact Test. The findings indicate a statistically significant improvement in learners' pronunciation accuracy ($p < .05$). The most substantial gains were observed in the production of /ŋ/, followed by /d/ and /b/. Nevertheless, the production of /r/ remained problematic, with learners continuing to show difficulty even after the intervention. These results suggest that the articulatory explanation method is an

[1] ภาษาไทยและภาษาไทยประยุกต์ คณะศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[1] Thai and Applied Thai, Faculty of Liberal Arts, Prince of Songkla University, Hatyai campus, Songkla 90110

*Corresponding author : Hasun.psu@gmail.com

effective approach for enhancing Thai consonant pronunciation among native Chinese-speaking learners. However, additional time and targeted practice may be required for the /r/ consonant due to its higher articulatory complexity.

Keywords: Articulatory Explanation, Chinese-speaking learners of Thai, Initial Consonant Sounds

บทนำ

ปัจจุบันมีนักท่องเที่ยวจีนเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก ซึ่งการท่องเที่ยวมีผลกับเศรษฐกิจไทยโดยตรง เพราะการท่องเที่ยวเป็นแหล่งรายได้สำคัญของประเทศไทย ตัวอย่างเช่นในปี 2567 แม้ว่าจะเป็นช่วงเศรษฐกิจชะลอตัว แต่ตัวเลขประมาณการณ์ของนักท่องเที่ยวชาวจีนในประเทศไทยยังคงมีมากถึง 7 ล้านคน ซึ่งมีแนวโน้มที่มากขึ้นเรื่อย ๆ (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2567) ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนผู้เรียนภาษาไทยชาวจีนที่มีมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (รัชดา, 2559)

ชาวจีนหรือผู้พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ทั้งในประเทศจีนและประเทศไต้หวัน มักมีปัญหาการออกเสียงภาษาไทยที่คล้ายกันคือ มักออกเสียง ด /d/ เป็น เสียง ต /t/ และออกเสียง บ /b เป็น ป /p เนื่องจากหน่วยเสียง ด /d/ และ บ /b ปรากฏในภาษาไทยแต่ไม่ปรากฏในจีน จึงเป็นอุปสรรคในการออกเสียงเพราะไม่สามารถจินตนาการฐานการออกเสียงและลักษณะการขยับอวัยวะในปากได้ นอกจากนี้ยังมีเสียง ง /ŋ/ ที่ไม่พบในหน่วยเสียงพยัญชนะต้นภาษาจีน และหน่วยเสียง ร /r/ ที่เป็นเสียงรัว แม้ว่าจะคล้ายกับหน่วยเสียง ร /r/ ในภาษาจีน แต่ หน่วยเสียง ร /r/ ในภาษาจีนนั้นจำเป็นต้องห่อลิ้นไปแตะเพดานแข็ง (สุนีย์, 2559) จากประสบการตรงของผู้วิจัยในฐานะผู้สอนภาษาไทยให้ชาวต่างชาติโดยเฉพาะชาวไต้หวันซึ่งพูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ ประมาณไม่น้อยกว่า 5,600 ชั่วโมง พบว่าหน่วยเสียงพยัญชนะต้นทั้ง 4 หน่วงเสียง ได้แก่ ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ และ ร /r/ เป็นอุปสรรคต่อผู้เรียนภาษาไทยจริง และจำเป็นต้องใช้เวลาเพื่อแก้ปัญหาการออกเสียงนี้

ผู้วิจัยสอนภาษาไทยในฐานะภาษาต่างประเทศในเพลตฟอร์มออนไลน์ชื่อว่า Amazingtalker ซึ่งมีผู้เรียนเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะชาวไต้หวันซึ่งพูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ ผู้วิจัยพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่มีปัญหาการออกเสียง ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ และ ร /r/ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจและมีความต้องการอย่างยิ่งที่จะหาแนวทางการแก้ปัญหาที่สะดวกและรวดเร็วที่สุดให้ผู้เรียนกลุ่มดังกล่าว เพราะหากผู้เรียนออกเสียงพยัญชนะต้นผิดผู้เรียนอาจสื่อสารข้อมูลที่ผิดออกไปได้ ดังนั้นผู้สอนควรใช้ความรู้ทางสัทศาสตร์เพื่อช่วยในการอธิบายตำแหน่งและลักษณะการเคลื่อนไหวของอวัยวะในช่องปากให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจวิธีการออกเสียงที่ถูกต้อง (สุนีย์, 2559) สัทศาสตร์เป็นกุญแจของการออกเสียงภาษาไทย ซึ่งพูดถึงเรื่องอวัยวะการออกเสียง วิธีการออกเสียง และวิธีการควบคุมเสียง เพื่อให้การออกเสียงถูกต้องที่สุด ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่เหมาะสมหากเรานำสัทศาสตร์เข้ามาช่วยแก้ปัญหาการออกเสียง

ดังที่โชติรภัค ธนเศรษฐวิวัฒนา และคณะ (2561) ได้สร้างนวัตกรรมนวัตกรรมแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยตามแนวสัทศาสตร์ เพื่อกลุ่มชาติพันธุ์อ่าข่า ในจังหวัดเชียงราย รุ่งรัชนี (2561) ได้พัฒนาการออกเสียงพยัญชนะท้ายพยางค์ภาษาอังกฤษตามหลักสัทศาสตร์ และอีกหลากหลายงานวิจัยด้านภาษาศาสตร์ที่ผู้วิจัยนำความรู้ทางสัทศาสตร์มาเป็นเครื่องมือหลักในการแก้ปัญหาและพัฒนาการออกเสียง ผู้วิจัยจึงสนใจและได้ศึกษาปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาการออกเสียงทั้ง 4 หน่วยเสียง ได้แก่ ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ และ ร /r/ ซึ่งเป็นหน่วยเสียงพยัญชนะต้นภาษาไทยของผู้เรียนภาษาไทยที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ด้วยวิธีการอธิบาฐานกรณ์ (Articulatory Explanation Method) เพื่อพัฒนาและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับจุดเกิดเสียง (place of articulation) รวมถึงลักษณะการเปล่งเสียง

(manner of articulation) ของหน่วยเสียงพยัญชนะต้นทั้ง 4 หน่วยเสียงให้ถูกต้องตามหลักสัทศาสตร์ และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องมือการแก้ปัญหาในการพัฒนาทักษะการออกเสียงภาษาไทยของผู้เรียนภาษาไทยที่พูดภาษาจีนให้ดียิ่งขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปัญหาการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/ ของผู้เรียนภาษาไทยที่มีภาษาจีนเป็นภาษาแม่
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/ ก่อนและหลังการสอนด้วยวิธีการอธิบายฐานกรณ์

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

การวิจัยครั้งนี้อยู่ภายใต้แนวคิดที่ว่า ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับ ฐานกรณ์ของการออกเสียง" (Articulatory Mechanism) สามารถช่วยให้ผู้เรียนภาษาไทยที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ปรับการออกเสียงตามฐานการณ์ออกเสียงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลให้การออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้นของภาษาไทยมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

ดังนั้น กรอบแนวคิดสามารถอธิบายได้ดังนี้

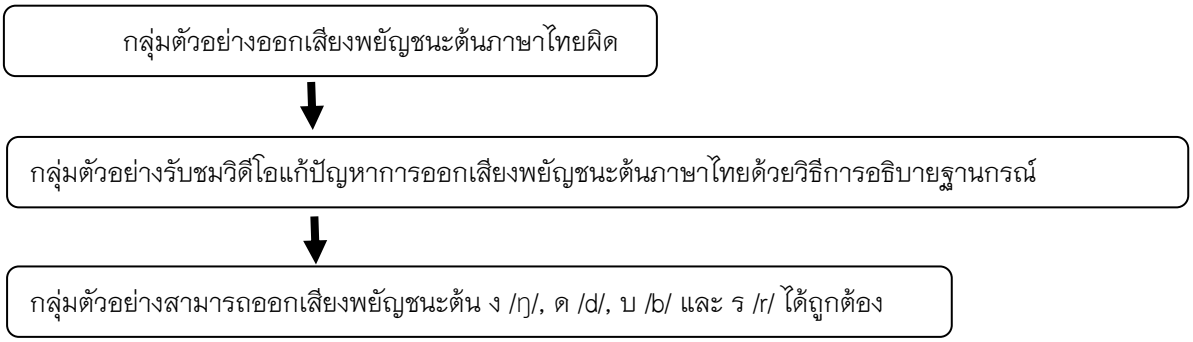
ตัวแปรต้น (Independent Variable)

- วิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงพยัญชนะต้นภาษาไทยด้วยวิธีการอธิบายฐานกรณ์

ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

- ความสามารถในการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/ ของผู้เรียนภาษาไทยที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่
- ประสบการณ์และระยะเวลาที่เคยการเรียนภาษาไทย

แผนภาพกรอบแนวคิด



สมมุติฐานของการวิจัย

หลังจากกลุ่มตัวอย่างรับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงพยัญชนะต้นภาษาไทยด้วยวิธีการอธิบายฐานกรณ์แล้ว กลุ่มตัวอย่างที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่จะมีความสามารถในการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/ ได้ถูกต้องมากกว่าก่อนการรับชมวิดีโออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิธีวิทยาการวิจัย

กลุ่มประชากร คือ ชาวจีนหรือชาวไต้หวันที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ที่สนใจเรียนภาษาไทย อย่างไรก็ตาม การจะเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวย่อมเป็นเรื่องยากเพราะมีจำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้อาสาสมัครที่ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงได้ ซึ่งอาสาสมัครที่ผู้วิจัยเลือกใช้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. นักศึกษาแลกเปลี่ยนจากมหาวิทยาลัยกวางซี ซึ่งกำลังแลกเปลี่ยนที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. ผู้เรียนภาษาไทยชาวไต้หวันที่เคยเรียนภาษาไทยกับผู้วิจัยในฐานะภาษาต่างประเทศ แต่ปัจจุบันได้หยุดการเรียนกับผู้วิจัยแล้ว
3. ผู้เรียนภาษาไทยชาวไต้หวันที่จากแหล่งอื่น ๆ เช่น ผู้ที่ถูกแนะนำจากนักเรียนปัจจุบันของผู้วิจัย เป็นต้น

เหตุผลที่ผู้วิจัยไม่เลือกใช้นักเรียนที่กำลังเรียนภาษาไทยกับผู้วิจัย ณ ปัจจุบัน แต่กลับเลือกผู้ที่หยุดเรียนภาษาไทยกับผู้ผู้วิจัยไปแล้ว คือ เพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ระหว่างครูและศิษย์ รวมถึงเพื่อให้ผู้เข้าร่วมมีความเป็นอิสระจากอำนาจหรือการควบคุมของผู้วิจัยในระหว่างการเก็บข้อมูล ซึ่งจะทำให้ข้อมูลของงานวิจัยมีความเที่ยงตรง ไม่คลาดเคลื่อน

กลุ่มตัวอย่าง คือ อาสาสมัครที่ออกเสียงพยัญชนะต้นหน่วงเสียง ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/ ผิดอย่างน้อย 3 หน่วงเสียง (ออกเสียงผิด 3 ใน 4 หน่วยเสียง) หลังการรับชมวิดีโอทดสอบการออกเสียงภาษาไทย

เครื่องมือ

1. แบบสอบถาม

ถูกออกแบบเพื่อใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มประชากร เกี่ยวกับภูมิหลังที่เชื่อมโยงกับงานวิจัย ผู้วิจัยมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์การเรียนรู้ภาษาไทย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นตัวแปรควบคุม หรือตัวแปรอธิบายความแตกต่างของผลการทดลองที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัยต้องระบุมี 4 อย่างได้แก่ 1. ชื่อ เพื่อใช้ระบุตัวบุคคลหากแต่ผู้วิจัยจำเก็บเป็นความลับ ไม่ทำการเผยแพร่อย่างเด็ดขาด 2. ระยะเวลาที่เรียนภาษาไทย เพื่อวัดระดับประสบการณ์และปริมาณการรับเข้าของภาษา 3. ระยะเวลาที่อยู่ในประเทศไทย เพื่อวัดระดับของการสัมผัสและใช้ภาษาไทยในสภาพแวดล้อมจริง 4. ปัญหาที่พบในการเรียนภาษาไทย ข้อมูลนี้มีความสำคัญในการเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง เพื่อดูว่าความเข้าใจองกลุ่มประชากรสอดคล้องกับปัญหาเชิงประจักษ์หรือไม่

2. วิดีโอทดสอบการออกเสียงภาษาไทย

เครื่องมือนี้ถูกออกแบบมาเพื่อรวบรวมข้อมูลการออกเสียงพยัญชนะต้นและคัดกรองกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง วิดีโอนี้มีความยาวประมาณ 2.15 นาที โดยวิดีโอมีผู้สาธิตที่เป็นคนไทยเจ้าของภาษาเพื่อออกเสียงแต่ละพยางค์อย่างชัดเจน และมีภาพประกอบ ซึ่งเกณฑ์ในการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างคือการออกเสียงผิดอย่างน้อย 3 พยางค์ จากทั้ง4 พยางค์ได้แก่ งา ดา บา และ รา ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/ ในภาษาไทย

3. วิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงพยัญชนะต้นภาษาไทยด้วยวิธีการอธิบายฐานกรณ์

เครื่องมือนี้ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการแก้ไขปัญหาการออกเสียงพยัญชนะต้นภาษาไทยที่กลุ่มตัวอย่างมีปัญหา ด้วยการให้ความรู้เชิงฐานกรณ์อย่างเป็นระบบ โดยอ้างอิงข้อมูลฐานกรณ์ของหนังสือระบบเสียงภาษาไทย (กาญจนา ,2556) วิดีโอนี้มีความยาวประมาณ 3.50 นาที ภายในวีดิทัศน์มีการอธิบาย ตำแหน่งและลักษณะการเคลื่อนไหวของอวัยวะในช่องปากเช่น ของปาก ลิ้น และเพดานปาก อย่างชัดเจน

เพื่อให้ผู้เรียนเกิดมโนภาพของการเกิดเสียงที่ถูกต้อง ผู้อธิบายได้ให้คำแนะนำที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละหน่วยเสียง เช่น การเน้นการควบคุม แรงลม และ การสั่นของเส้นเสียง นอกจากนี้ผู้อธิบายยังใช้ภาจีนกลางเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่เข้าใจง่ายที่สุด อันเป็นการควบคุมปัจจัยด้านความเข้าใจภาษา ในขั้นตอนการทดลอง กลุ่มตัวอย่างได้รับชมวีดิทัศน์นี้ ซ้ำ 10 ครั้ง และฝึกออกเสียงตามคำแนะนำ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้

4. สูตรคำนวณทางสถิติ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้นระหว่างก่อน (Pre-test) และ หลัง (Post-test) มีกลุ่มตัวอย่างเดียว กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนไม่มาก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ McNemar's Exact Test (การทดสอบแมคนีมาร์แบบแน่นอน) ในการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความถูกต้องในการออกเสียงหน่วยเสียงแต่ละหน่วย (ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง เพราะมีความสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูล

เพื่อทำให้เครื่องมือมีคุณภาพและความเที่ยงตรงตามหลักการวิจัยเชิงวิชาการ เครื่องมือเหล่านี้จึงได้ผ่านกระบวนการตรวจสอบคุณภาพและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน ได้รับการคัดเลือกโดยพิจารณาจากความเชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยตรง

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การติดต่อสื่อสาร ผู้วิจัยติดต่อกลุ่มตัวอย่างโดยตรงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นนักเรียนที่เคยเรียนภาษาไทยกับผู้วิจัยแต่หยุดเรียนไปแล้ว

2. การขอความยินยอมและชี้แจงจริยธรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการชี้แจงรายละเอียดทั้งหมดของการทดลองอย่างชัดเจนและรอบด้านแก่กลุ่มตัวอย่างแต่ละคน ตั้งแต่การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) การฝึกฝนด้วยวีดิทัศน์ จนถึงการทดสอบหลังการทดลอง รายละเอียดการการทดลองทั้งหมด ผู้วิจัยได้แจ้งสิทธิของผู้เข้าร่วมการวิจัย ความเสี่ยง หรือความไม่สบาย ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลอง เช่น ความรู้สึกอึดอัด มาตรการการรักษาความลับ (Confidentiality) และ วิธีการเก็บรักษาข้อมูล ที่เป็นส่วนตัว นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ขอความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัยจากกลุ่มตัวอย่างทุกคน โดยการเซ็น แบบฟอร์มหนังสือแสดงความยินยอม (Informed Consent Form)

3. นัดวัดเวลา หลังจากชี้แจงข้อมูลผู้วิจัยส่งแบบสอบถามในรูปแบบ google form และส่งลิงค์ zoom ให้กลุ่มตัวอย่าง และนัดวันเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำการทดลอง

4. รับชมวิดีโอทดสอบการออกเสียงภาษาไทย ผู้วิจัยเปิดวิดีโอซึ่งมีการสาธิตการออกเสียงพยางค์เป้าหมาย 4 พยางค์ คือ งา, ดา, บา, และ รา ให้กลุ่มประชากรรับชม หลังการรับชม กลุ่มประชากรจะถูกขอให้บันทึกวิดีโอการออกเสียงทั้ง 4 พยางค์ คือ งา, ดา, บา, และ รา และส่งให้ผู้วิจัยผ่านทางอีเมล Line หรือ Wechat ตามความสะดวกของกลุ่มประชากร เพื่อใช้คัดกรองกลุ่มตัวอย่าง

5. คัดกรอง หลังจากได้รับข้อมูลวิดีโอจากกลุ่มประชากร ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อยืนยันว่ากลุ่มประชากรแต่ละคนมีข้อผิดพลาดในการออกเสียงอย่างน้อย 3 หน่วยเสียง ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก่อนเข้าร่วมการทดลองจริง เพื่อคัดกรองเป็นกลุ่มตัวอย่าง หากกลุ่มประชากรออกเสียงถูกทุกพยางค์ผู้วิจัยจะไม่ดำเนินการต่อ เนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์การอ่านผิด 3 พยางค์ หากกลุ่มประชากรอ่านผิด 3 พยางค์ขึ้นไป กลุ่มประชากรจะถูกขอให้เข้าร่วมการทดลองในขั้นต่อไป

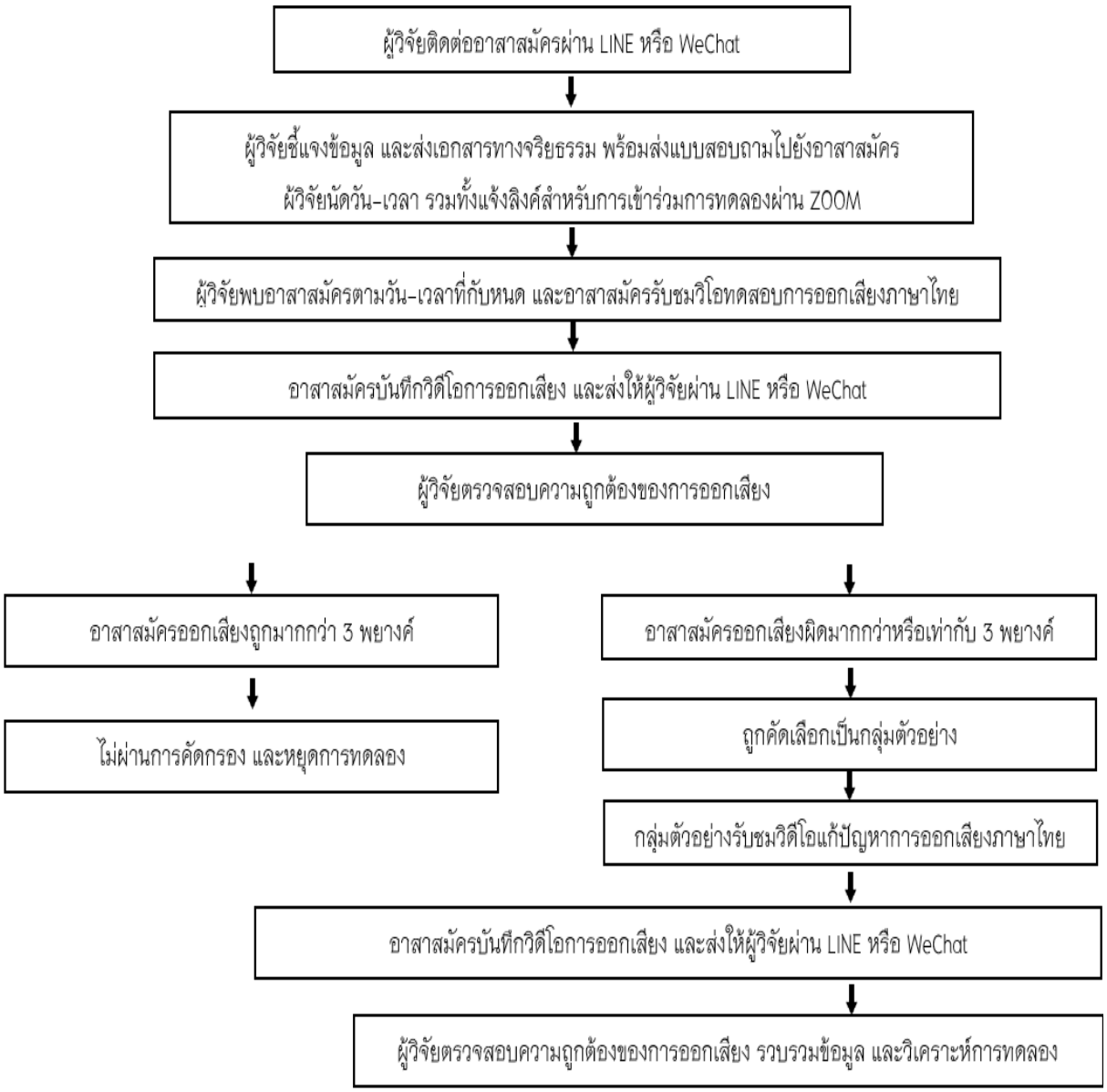
6. รับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงพยัญชนะต้นภาษาไทยด้วยวิธีการอธิบายฐานกรณ์ กลุ่มประชากรที่ออกเสียงผิด 3 พยางค์ขึ้นไปจะถูกคัดกรองเป็นกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยเปิดวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงพยัญชนะต้น

ภาษาไทยด้วยวิธีการอธิบายฐานกรณ์ โดยเปิดซ้ำ 10 รอบ ระยะเวลารวม 30 นาที หลังการรับชม กลุ่มตัวอย่างจะถูกขอให้บันทึกวิดีโอการออกเสียงทั้ง 4 พยางค์ คือ งา, ดา, บา, และ รา และส่งให้ผู้วิจัยผ่านทางอีเมล Line หรือ Wechat ตามความสะดวกของกลุ่มประชากร เพื่อใช้คัดกรองกลุ่มตัวอย่าง

7. รวบรวมข้อมูล สรุปและวิเคราะห์ หลังจากการดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ 6 เสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการในส่วนของการประเมินผลและการวิเคราะห์ทางสถิติตามลำดับ ดังนี้

7.1 รวมรวมคะแนนการออกเสียงของกลุ่มตัวอย่างทุกคนในตารางรวมรวมข้อมูล เพื่อวัดผลการปรับปรุงการออกเสียงที่เกิดขึ้น

7.2 ผู้วิจัยนำข้อมูลการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test Data) มาวิเคราะห์ทางสถิติ สรุป และอภิปรายผล



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษา

จากผลการทดลองพบว่า กลุ่มประชากรทั้ง 20 คน มี 16 คน ที่ออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/, ด /d/, บ /b/ และ ร /r/ ผิด 3 หน่วยเสียงขึ้นไป และมี 6 คนที่ออกเสียงผิดน้อยกว่า 3 หน่วยเสียง หมายความว่ามีกลุ่มประตัวอย่าง 16 คนจากจากกลุ่มประชากรทั้ง 20 คน ที่เข้าร่วมการทดลองต่อไป

ตารางที่ 1 ผลการออกเสียงก่อนและหลังการรับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยวิธีการอธิบายฐานกรณ์ของกลุ่มประชากรทั้ง 16 คน

รหัสแทนชื่อ	ก่อน				หลัง			
	งา	ดา	บา	รา	งา	ดา	บา	รา
A1	1	0	0	0	1	0	0	0
A2	1	0	0	0	1	1	0	1
A3	1	0	0	0	1	1	1	0
A4	0	0	0	1	1	1	1	1
A5	0	0	0	0	1	0	0	1
A6	0	0	0	1	1	0	1	1
A7	0	0	0	0	1	0	1	1
A8	1	0	0	0	1	0	0	1
A9	0	0	0	0	1	0	0	0
A10	0	0	0	1	1	1	1	1
A11	0	0	0	0	1	1	1	0
A12	0	0	0	0	1	1	1	0
A13	0	0	0	1	1	0	0	1
A14	0	0	0	1	1	1	1	1
A15	0	0	0	0	1	1	1	1
A16	0	0	0	0	1	1	0	0

จากตารางที่ 1 ข้อมูลก่อนและหลังการทดสอบเป็นข้อมูลที่เป็นคู่ ค่าของข้อมูลจึงเป็นสองทางเลือก (ถูก/ผิด) เพื่อทดสอบว่าหลังการรับชมวิดีโอการแก้ปัญหาการออกเสียงภาไทย กลุ่มตัวอย่างจะสามารถออกเสียงได้ถูกต้องหรือไม่ อีกทั้งข้อมูลจำนวนผู้เข้าร่วมมีไม่มาก ผู้วิจัยจึงใช้ McNemar's Exact Test เพื่อทำการทดสอบ (บุญธรรม, 2551)

คำอธิบายเพิ่มเติม

b = จำนวนคนที่ถูกก่อนแต่ผิดหลัง (ในกรณีนี้ = 0)

c = จำนวนคนที่ผิดก่อนแต่ถูกหลัง (ค่าสำคัญ)

ค่า p = ความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลต่างแบบนี้ได้โดยบังเอิญ

(เมื่อ p < .05 ⟶ แปลว่าผลที่ได้ “มีนัยสำคัญทางสถิติ”)

ตารางที่ 2 ผลการออกเสียงก่อนและหลังการรับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยวิธีการอธิบายฐานกรณ์โดยแสดงการออกเสียงของกลุ่มประชากรทั้ง 16 คน และให้สีแดงคือพยางค์ที่ออกเสียงผิด

รหัสแทนชื่อ	ก่อน				หลัง			
	“งา”	“ดา”	“บา”	“รา”	“งา”	“ดา”	“บา”	“รา”
A1	งา	ตา	ปา	ดรา	งา	ตา	ปา	ดรา
A2	งา	ตา	ปา	ดรา	งา	ดา	ปา	รา
A3	งา	ตา	ปา	ดรา	งา	ดา	บา	ดรา
A4	นา	ตา	ปา	รา	งา	ดา	บา	รา
A5	นา	ตา	ปา	ดรา	งา	ตา	ปา	รา
A6	นา	ตา	ปา	รา	งา	ตา	บา	รา
A7	นา	ตา	ปา	ดรา	งา	ตา	บา	รา
A8	งา	ตา	ปา	ดรา	งา	ตา	ปา	รา
A9	นา	ตา	ปา	ลา	งา	ตา	ปา	ลา
A10	นา	ตา	ปา	รา	งา	ดา	บา	รา
A11	นา	ตา	ปา	ลา	งา	ดา	บา	ลา
A12	นา	ตา	ปา	ตรา	งา	ดา	บา	รลา
A13	อา	ตา	ปา	รา	งา	ตา	ปา	รา
A14	นา	ตา	ปา	รา	งา	ดา	บา	รา
A15	นา	ตา	ปา	ดรา	งา	ดา	บา	รา
A16	นา	ตา	ปา	ลา	งา	ดา	ปา	ลา

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างของการออกเสียง “งา” ก่อนและหลังการรับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยวิธีการอธิบายฐานกรณ์

ก่อน/หลัง	หลังผิด (0)	หลังถูก (1)
ก่อนผิด (0)	0	12
ก่อนถูก (1)	0	4

จากตารางที่ 3 พบว่าการแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยการรับชมวิดีโออธิบายฐานกรณ์สามารถแก้ปัญหาการออกเสียง งา ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วยเสียง ง /ŋ/ ได้อย่างชัดเจน เมื่อทำการทดสอบด้วย McNemar's Exact Test พบว่า p-value = 0.00049 โดยปกติหาค่า $p < .05$ แปลว่าผลที่ได้ "มีนัยสำคัญทางสถิติ" แต่ในการทดลองนี้ ค่า $p < .001$ แสดงให้เห็นว่าผลต่างมีนัยสำคัญมาก จึงสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างออกเสียง "งา" ได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ลักษณะปัญหาที่ปรากฏจากการออกเสียงพยางค์ "งา" ก่อนการทดลองมีลักษณะดังนี้ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างออกเสียงพยางค์ "งา" เป็น "นา" 11 คน และออกเสียงเป็น "อา" 1 คน โดยมี 4 คนที่ออกเสียงถูกต้อง และหลังการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คนออกเสียงพยางค์ "งา" ถูกต้องทั้งหมด ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างของการออกเสียง "ดา" ก่อนและหลังการรับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยวิธีการอธิบายฐานกรณ์

ก่อน/หลัง	หลังผิด (0)	หลังถูก (1)
ก่อนผิด (0)	7	9
ก่อนถูก (1)	0	0

จากตารางที่ 4 พบว่าการแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยการรับชมวิดีโออธิบายฐานกรณ์สามารถแก้ปัญหาการออกเสียง ดา ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วยเสียง ด /d/ ได้ เมื่อทำการทดสอบด้วย McNemar's Exact Test p-value = 0.0039 โดยปกติหาค่า $p < .05$ แปลว่าผลที่ได้ "มีนัยสำคัญทางสถิติ" จึงสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างออกเสียง "ดา" ได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ลักษณะปัญหาที่ปรากฏจากการออกเสียงพยางค์ "ดา" ก่อนการทดลองมีลักษณะดังนี้ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน ออกเสียงพยางค์ "ดา" เป็น "ตา" และหลังการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่าง 9 คนออกเสียงพยางค์ "ดา" ได้ถูกต้อง แต่มีกลุ่มตัวอย่างอีก 7 คนที่ยังคงออกเสียงเป็น "ตา" เช่นเดิม ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างของการออกเสียง "บา" ก่อนและหลังการรับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยวิธีการอธิบายฐานกรณ์

ก่อน/หลัง	หลังผิด (0)	หลังถูก (1)
ก่อนผิด (0)	7	9
ก่อนถูก (1)	0	0

จากตารางที่ 5 พบว่าการแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยการรับชมวิดีโออธิบายฐานกรณ์สามารถแก้ปัญหาการออกเสียง บา ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วยเสียง บ /b/ เมื่อได้ทำการทดสอบด้วย เมื่อทำการทดสอบด้วย McNemar's Exact Test พบว่า p-value = 0.0039 โดยปกติหาค่า $p < .05$ แปลว่าผลที่ได้ "มีนัยสำคัญทางสถิติ" จึงสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างออกเสียง "บา" ได้ดีขึ้นเช่นกัน

ลักษณะปัญหาที่ปรากฏจากการออกเสียงพยางค์ "บา" ก่อนการทดลองมีลักษณะดังนี้ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน ออกเสียงพยางค์ "บา" เป็น "ปา" และหลังการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่าง 9 คนออกเสียงพยางค์ "บา" ได้ถูกต้อง แต่มีกลุ่มตัวอย่างอีก 7 คนที่ยังคงออกเสียงเป็น "ปา" เช่นเดิม ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความแตกต่างของการออกเสียง “รา”ก่อนและหลังการรับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยวิธีการอธิบายฐานกรณ์

ก่อน/หลัง	หลังผิด (0)	หลังถูก (1)
ก่อนผิด (0)	6	5
ก่อนถูก (1)	0	5

จากตารางที่ 6 พบว่าการแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยโดยการรับชมวิดีโออธิบายฐานกรณ์ไม่สามารถแก้ปัญหาการออกเสียง รา ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วยเสียง ร /r/ ได้ เมื่อทำการทดสอบด้วย McNemar’s Exact Test พบว่า p-value = 0.0625 โดยปกติหาค่า $p < .05$ แปลว่าผลที่ได้ “มีนัยสำคัญทางสถิติ” จึงสรุปได้ว่าวิดีโอการแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยไม่สามารถแก้ปัญหาการออกเสียง “รา” ได้อย่างมีนัยสำคัญ

ลักษณะปัญหาที่ปรากฏจากการออกเสียงพยางค์ “รา” ก่อนการทดลองมีลักษณะดังนี้ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 7 คน ออกเสียงพยางค์ “รา” เป็น “ดรา” มี 3 คน ออกเสียงเป็น “ลา” อีก 1 คนออกเสียงเป็น “ตรา” และหลังการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่าง 10 คนออกเสียงพยางค์ “รา” ได้ถูกต้อง แต่มีกลุ่มตัวอย่างอีก 2 คนที่ยังคงออกเสียงเป็น “ดรา” เช่นเดิม มีกลุ่มตัวอย่างอีก 3 คนที่ยังคงออกเสียงเป็น “ลา” เช่นเดิมเช่นกัน และมี 1 คน ทีเปลี่ยนจากออกเสียง “ตรา” เป็น “รลา” โดยการออกเสียงมีลักษณะการรวมกันของหน่วยเสียง “ร” และ ”ล” ตามตารางที่ 2

สรุปผลและอธิปรายผล

ตารางที่ 7 สรุปผลการทดลองของทั้ง 4 หน่วยเสียง

หน่วยเสียง	**p-value**	**นัยสำคัญ**
งา	0.00049	$p < .001$
ดา	0.0039	$p < .05$
บา	0.0039	$p < .05$
รา	0.0625	$p > .05$

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า มี 3 หน่วยเสียงที่มีค่าความแตกต่างก่อนและหลังการเรียนรู้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีแค่ 1 หน่วยงเสียงที่ไม่มีค่าความแตกต่างก่อนและหลังการเรียนรู้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ สามารถออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/, ด /d/, และ บ /b/ ในภาษาไทยได้ถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญหลังจากรับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยด้วยวิธีการอธิบายฐานกรณ์โดย เห็นได้ชัดว่าเสียง “งา” ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วงเสียง ง /ŋ/ มีผลต่างอย่างมีนัยสำคัญที่สุด (0.00049) ส่วนเสียง “ดา” และ “บา” ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วงเสียง ด /d/ และ บ /b/ มีผลต่างอย่างมีนัยสำคัญรองลงมา (0.0039) เท่ากัน ในขณะที่เสียง “รา” ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วงเสียง ร /r/ ไม่มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการให้กลุ่มตัวอย่างที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่รับชมวิดีโอแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยด้วยวิธีการอธิบายฐานกรณ์ (articulatory explanation) เพื่อแก้ปัญหาการออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ สามารถแก้ปัญหาการออกเสียงให้ถูกต้องมากขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Flege’s Speech Learning Model (SLM, 1995) ที่อธิบายว่า ผู้เรียนภาษาที่สองเข้า

เข้าใจและสามารถสร้างหมวดเสียงใหม่ได้ เมื่อรับรู้และเข้าใจความแตกต่างทางสัทศาสตร์ระหว่างภาษาต้นทางและภาษาปลายทางได้ชัดเจน ดังนั้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างมองเห็นตำแหน่งเกิดเสียง และเข้าใจการเคลื่อนไหวในปาก กลุ่มตัวอย่างจึงสามารถจำลองเสียงนั้นในสมอง และนำไปสู่การออกเสียงที่ถูกต้องได้ ยกเว้นหน่วงเสียง ร /r/ ซึ่งยังคงเป็นความท้าทายของกลุ่มตัวอย่างที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่

จากการทดลองพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างออกเสียง“งา” เป็น “นา” 11 คน เนื่องจากไม่สามารถคงตำแหน่งลิ้นไว้บริเวณด้านล่างของช่องปากได้และยกปลายลิ้นแตกปุ่มเหงือก ซึ่งเป็นอิทธิพลมาจากภาษาแม่ เพราะในภาษาจีนไม่มีเสียง ง /ŋ/ เป็นพยัญชนะต้น แต่มีเสียง น /n/ เป็นพยัญชนะต้น ทำให้เกิดเสียง น /n/ แทนเสียง ง /ŋ/. นอกจากนี้พบกลุ่มตัวอย่าง 1 คนออกเสียงเป็น “อา” 1 คน เพราะพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้ลิ้นแตะเพดานปากดังในภาพที่ 1 แต่ผลคือเสียงออกมาจากเส้นเสียงแทนที่จะเป็นบริเวณเพดานอ่อน จึงทำให้เกิดเสียงสระเปล่า “อา” แทนเสียง “งา”

ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าหน่วยเสียง ง /ŋ/ แก้ไขได้ง่าย ซึ่งผู้วิจัยสันนิฐานว่าสาเหตุหลักมาจากกลุ่มตัวอย่างที่พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่มีประสบการณ์ในการได้ยินเสียง ง /ŋ/ เพราะเป็นเสียงพยัญชนะตัวสะกดในภาษาจีน (นวลทิพย์ม, 2551) เช่นคำว่า แม้ว่าจะไม่สามารถออกเสียง ง /ŋ/ อย่างถูกต้องได้ในช่วงแรกแต่เมื่อได้รับการอธิบายจึงอาจสามารถเชื่อมโยงไปยังประสบการณ์เก่าได้ นอกจากนี้การอธิบายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการวางลิ้นลงด้านล่าง ไม่แตะเพดานปาก ช่วยสร้างจินตภาพที่ชัดเจน ทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถวางลิ้นตามในลักษณะเดียวกันเหมือนในภาพที่ 1



ภาพที่ 2 ภาพแสดงตัวอย่างการบันทึกวิดีโอของผู้สาธิตที่มองเห็นเพียงแค่ครึ่งล่างของใบหน้า

จากการทดสอบออกเสียงหน่วยเสียง ด/d/ พบข้อบกพร่องที่สำคัญคือกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน ออกเสียงพยางค์ “ดา” เป็น “ตา” ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างอีก 7 คนที่ยังคงออกเสียงเป็น “ตา” เช่นเดิม เนื่องจากหน่วยเสียง ด/d/ ปรากฏในภาษาไทยแต่ไม่ปรากฏในจีนกลางมาตรฐาน จึงเป็นอุปสรรคในการออกเสียงเพราะไม่สามารถจินตนาการฐานการออกเสียง แต่เสียง ต/t/ มีในพยัญชนะต้นภาจีน (สุนีย์, 2559) กลุ่มตัวอย่างจึงมีความสับสนในการออกเสียงซึ่งเป็นอิทธิพลมาจากภาษาแม่

หลังจากทดสอบพบว่าหน่วยเสียง ด /d/ พัฒนาชัดเจนเช่นกัน เพราะโดยปกติแล้วเสียง “ด” กลุ่มตัวอย่างจะออกเสียงผิดเป็น ต /t/ ซึ่งทั้ง 2 หน่วงเสียงนี้มีฐานเสียงที่คล้ายกันมากกล่าวคือ ด /d/ เป็นเสียงพยัญชนะระเบิด ไม่มีลม ก้อง เกิดที่ฟันหรือฟันถึงปุ่มเหงือก แต่หน่วงเสียง ต /t/ เป็นเสียงพยัญชนะระเบิด ไม่มีลม ไม่ก้อง เกิดที่ฟันหรือฟันถึงปุ่มเหงือก (กาญจนา นาคสกุล และคณะ, 2554: 31–33; สุนันท์ อัญชลีนุกูล, 2562: 96–98; วรวรรธน์ ศรียาภัย, 2556: 62–73; กรรณิการ์ ช่อไม้ทอง, 2554: 4–5) ดังนั้นเมื่อวิดีโออธิบายอย่างชัดเจนว่าเสียงไม่ระเบิดจึงทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถจินตนาการลักษณะการออกเสียงและปรับเสียงให้นิ่มลงได้ง่าย

จากการทดสอบออกเสียงหน่วยเสียง บ /b/ พบข้อบกพร่องที่สำคัญคือกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน ออกเสียงพยางค์ “บา” เป็น “ปา” ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างอีก 7 คนที่ยังคงออกเสียงเป็น “ปา” เช่นเดิมเช่นกัน เนื่องจากหน่วยเสียง บ /b/ ปรากฏในภาษาไทยแต่ไม่ปรากฏในจีนกลางมาตรฐาน จึงเป็นอุปสรรคในการออกเสียงเพราะไม่สามารถจินตนาการฐานการออกเสียง แต่เสียง ป /p/ มีในพยัญชนะต้นภาจีน (สุนีย์, 2559) กลุ่มตัวอย่างจึงมีความสับสนในการออกเสียงซึ่งเป็นอิทธิพลมาจากภาษาแม่

หน่วยเสียง บ /b/ แม้ว่าจะปรับปรุงได้ดีขึ้นแต่ผู้วิจัยสังเกตว่ากลุ่มตัวอย่างมีลักษณะการ "เม้มปาก" (การม้วนริมฝีปากเข้าข้างในแล้วกดไว้ด้วยกัน) ก่อนการออกเสียง เนื่องจากความรู้สึกเคยชินจากการออกเสียง ป /p/ ในภาษาแม่ ทำให้การออกเสียง หน่วยเสียง บ /b/ ยังคงผิดเป็น หน่วยเสียง ป /p/ แม้ว่าในการทดลองกลุ่มตัวอย่างจำเป็นต้องรับชมวิดีโอ 10 ครั้งเพื่อฝึกออกเสียงตาม แต่กลุ่มตัวอย่างบางส่วนยังคงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการออกเสียงของตัวเองได้

จากการทดสอบออกเสียงพบว่าหน่วยเสียง ร/r/ มีความท้าทายในการแก้ปัญหามากที่สุดเพราะกลุ่มตัวอย่างมีลักษณะการออกเสียงที่หลากหลายที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยเสียงอื่น ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างทั้ง 7 คน ออกเสียงพยางค์ “รา” เป็น “ดรา” เนื่องจากการออกเสียงหน่วยเสียง ด /d/ และ ร /r/ จำเป็นต้องนำลิ้นมาแตะบริเวณปุ่มเหงือกซึ่งเป็นส่วนที่นูนออกมาบริเวณหลังฟันด้านบน (กาญจนา นาคสกุล และคณะ, 2554: 15–19; วรวรรธน์ ศรียาภัย, 2556: 56–59) จึงอาจเกิดความสับสนขณะพยายามออกเสียง “รา” และมีกลุ่มตัวอย่าง 1 คนที่ออกเสียงเป็น “รา” เป็น “ลา”ซึ่งมีสาเหตุมาจากการลดการสั่นของลิ้นจนกลายเป็นการประสานเสียงของลิ้นคล้ายเสียง “ลา” แทนที่จะเป็นเสียงลิ้นสั่น นอกจากนี้ยังมี 1 คนที่ออกเสียง “รา” เป็น “ตรา” เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างใช้ลิ้นแตะปุ่มเหงือกโดยไม่ตั้งใจขณะพยายามสั่นลิ้นซึ่งทำให้เกิดเสียงลักษณะคล้ายกลุ่มพยัญชนะควบ “ตร–” ก่อนเสียงสั่น ร /r/ พฤติกรรมนี้เป็นรูปแบบการชดเชย ที่พบได้ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่คุ้นเคยกับเสียงลิ้นสั่น โดยหลังจากการทดลองพบว่า กลุ่มตัวอย่าง 3 คนยังคงออกเสียงเป็น “ลา” เช่นเดิม เนื่องจากไม่สามารถสร้างการสั่นหรือรั่วลิ้นที่ถูกต้องได้ ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างยังเลือกใช้เสียง ล /l/ ซึ่งควบคุมง่ายกว่าแทนเสียง ร /r/ และมี 1 คน ทีเปลี่ยนจากออกเสียง “ตรา” เป็น “รลา” คือไม่ได้ใช้ปลายลิ้นแตะปุ่มเหงือกเพื่อกักลมก่อนปล่อยเสียง ร /r/ เหมือนรูปแบบเดิมอีกต่อไป แต่กลับลดระดับแรงลมและการสั่นของปลายลิ้นลงมากเกินไป จึงได้ผลลัพธ์เป็นเสียงผสมลักษณะ “ร–ล” หรือ “รลา” แทนเสียง “รา” ที่ถูกต้อง

หน่วยเสียง ร /r/ จึงเป็นความท้าทายที่สุดสำหรับผู้พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ แม้ว่าภาษาจีนจะมีหน่วยเสียงที่คล้ายกันกับหน่วยเสียง ร /r/ ซึ่งก้ำกึ่งระหว่างเสียงร กับ ย /y/ เป็นเสียงแทรก–ก้อง เกิดจากปลายลิ้น เพดานแข็ง และลิ้นส่วนกลาง และต้องม้วนลิ้นเวลาออกเสียง แต่สำหรับเสียง ร /r/ ในภาษาไทย เป็นเสียงที่ต้องกระดกลิ้น (กาญจนา, 2556) ที่ต้องอาศัยการ “กระดกลิ้น” อย่างรวดเร็วหนึ่งครั้งหรือหลายครั้ง ซึ่งไม่อาจฝึกได้ภายในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของ นวลทิพย์ (2551) ที่บอกว่าเสียง ร /r/ และ ล /l/ เป็นหนึ่งในคู่เสียงพยัญชนะต้นที่ผู้เรียนชาวจีนมีความสับสนมากที่สุด ทั้งในการฟังและในการออกเสียง ของผู้พูดภาษาจีนเป็นภาษาแม่ เนื่องจากไม่มีเสียง alveolar trill ในภาษาจีนกลาง Geerativudhipong et al. (2022) ได้ศึกษาความสามารถของผู้เรียนชาวจีนในการจำแนกเสียง

พยัญชนะต้นภาษาไทย และพบว่าผู้เรียนยังมีความสับสนระหว่างเสียงที่คล้ายกันของ ร /r/ และ ล /l/ ดังที่ผู้วิจัยได้รับรู้ขณะทดลองว่ามีกลุ่มตัวอย่างหลายที่ออกเสียง ร /r/ และ ล /l/ คล้ายกับเสียง ร /r/ ในภาษาสเปน ภาษาอิตาเลียน ภาษาอาหรับที่เป็นปัญหาในการออกเสียงสำหรับผู้เรียนชาวไทย เพราะต้องรัวลิ้นเช่นกัน หรือภาษาอินโดนีเซียที่มีการออกเสียง ร /r/ เหมือนกับภาษาไทย (ฮาซัน และจอมขวัญ (2564) คนอินโดนีเซียจึงไม่มีปัญหาในการออกเสียงพยัญชนะต้นตัวนี้ ภาษาแม่จึงมีผลอย่างมากต่อการเรียนภาษาใหม่

กล่าวโดยสรุปสำหรับหน่วยเสียง ร /r/ คือ กล้ามเนื้อลิ้นของกลุ่มตัวอย่างที่พูดภาจีนเป็นภาษาแม่ไม่คุ้นเคยกับการสั่น รวมถึงกลุ่มตัวอย่างบางคนเกร็ง ทำให้ลิ้นไม่สั่นตาม และระยะเวลาการแก้ปัญหาเพียง 30 นาที ไม่นานพอที่จะปรับการเคลื่อนไหวของลอ้นให้สั่นอย่างถูกต้องได้ภายในระยะเวลาสั้น ๆ อันเนื่องมาจากความแตกต่างของระบบเสียงระหว่างภาษาไทยและภาษาจีนที่มีอย่างชัดเจนในระดับฐานกรณ์

จะเห็นได้ว่าแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างทุกคนจะมีประสบการณ์เรียนภาษาไทยแต่ยังคงออกเสียงหน่วยเสียงพยัญชนะต้น ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ และ ร /r/ โดยเฉพาะในช่วงก่อนการทดลอง ซึ่งสะท้อนว่ากลุ่มตัวอย่างอาจไม่ได้ให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาการออกเสียงอย่างจริงจังในระหว่างการศึกษาภาษาไทยที่ผ่านมา อาจเพราะต้องการสื่อสารให้ชาวไทยเพียงเพื่อให้เข้าใจและไม่ได้ให้ความสำคัญกับการออกเสียงถูกต้อง กลุ่มตัวอย่างอาจหยุดเรียนนานเกินไปและไม่ได้ทบทวนหลังจากคอร์สเรียนสิ้นสุดลง นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างบางคนเพิ่งเคยเรียนภาษาไทยกับผู้วิจัยเพียง 25 นาที (คลาสทดลอง) จึงมีประสบการณ์การออกเสียงภาษาไทยที่น้อยมาก และการเรียงลำดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของผลการเรียนรู้ (ง/ด/บ/ร) ยังสะท้อนถึงอิทธิพลที่แตกต่างกันของภาษาแม่ (Mandarin Chinese) ต่อการเรียนรู้และแก้ปัญหาการออกเสียงพยัญชนะต้นในภาษาไทย

หลังการทดลองพบว่าหน่วยเสียง ง /ŋ/ ด /d/ บ /b/ สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ปรับปรุงการออกเสียงได้ถูกต้องมากขึ้น แต่หน่วยเสียง ร /r/ กลับเป็นเสียงที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางสัทวิทยาที่เสียงลิ้นสั่น ร /r/ ไม่ปรากฏในระบบเสียงของภาษาจีนกลาง ทำให้กลุ่มตัวอย่างต้องสร้างรูปแบบการออกเสียงใหม่ทั้งหมดและเกิดการชดเชยทางสัทศาสตร์หลายลักษณะ เช่น การออกเสียงเป็น “ดรา”, “ลา” หรือ “ตรา” ที่พบในงานวิจัยนี้

ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มเวลาฝึกและติดตามผลพร้อมฝึกซ้ำ เพราะการรับชมวิดีเพื่อแก้ปัญหาในเวลา 30 นาทีอาจไม่เพียงพอสำหรับเสียงที่ต้องการทักษะทางสรีรวิทยา โดยเฉพาะเสียง ร และอาจเป็นไม่ได้ว่าหากเพิ่มเวลาการฝึกเป็น 1 ชั่วโมง และแยกฝึกที่ละ 1 หน่วยเสียง หรือฝึกการออกเสียงวันละ 10 นาทีเป็นระยะเวลา 7 วัน กลุ่มอย่างอาจสามารถออกเสียง ร ได้อย่างถูกต้อง

2. เพิ่มการควบคุมกลุ่มตัวอย่าง เพราะกลุ่มตัวอย่างเป็นการทดลองแบบกลุ่มเดียวคือนักเรียนเก่าของผู้วิจัยซึ่งหาเพิ่มกลุ่มตัวอย่าง เช่น นักศึกษาชาวจีนจากมหาวิทยาลัยในประเทศไทย หรือผู้เรียนภาษาไทยชาวจีนในสถาบันสอนภาษาต่าง ๆ ในประเทศไทย ผู้วิจัยอาจได้ข้อมูลที่แต่ต่างออกไป และเป็นประโยชน์ในการต่อยอดงานวิจัย

3. เพิ่มเครื่องมือหรือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ดีดีสุด ตัวอย่างเช่น เปรียนเทียบการแก้ปัญหาด้วย 3 วิดีคือ 1.การอธิบายฐานกรณี 2. การเลียนแบบ และ3.การฟังซ้ำเพื่อดูว่าวิดีใดมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากที่สุด

4. นำผลการศึกษานี้ไปทดลองวิจัยต่อในอนาคตเช่น วิจัยปัจจัยความแตกต่างรายบุคคล อาทิ แรงจูงใจ ความถนัดด้านดนตรี อาชีพ อายุ เป็นต้น เพราะเป็นไปได้ว่าอาชีพครูสอนภาษาอาจออกเสียงภาษาไทยได้ชัดกว่าอาชีพคนขับรถ คนที่มีแรงจูงใจอาจมีความสำเร็จในการแก้ปัญหานร่มากกว่าคนที่ไม่มีแรงจูงใจ และคนหนุ่มอาจ

เข้าใจฐานกรณ์ได้ดีกว่าผู้สูงอายุ การทำความเข้าใจในระดับปัจเจกบุคคล จะสามารถทำให้ผู้วิจัยออกแบบเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาพยัญชนะต้นภาษาไทย หรือปัญหาการออกเสียงอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และไม่จำเป็นต้องมีเพียงแค่ 1 เครื่องมือ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่กรุณาให้การสนับสนุนอย่างดียิ่ง ดังนี้

1. ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จอมขวัญ สุทธินนท์ เป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้การสนับสนุน ให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ และเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยเสมอมา ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

2. ขอขอบพระคุณ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้กรุณาสนับสนุนทุนเพื่อการนำเสนอผลงานบทความวิจัยนี้ ประเภทเงินอุดหนุนค่าใช้จ่ายด้านการจัดการศึกษา ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถเผยแพร่และแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้

3. ขอขอบพระคุณ ศูนย์ภาษาและบริการวิชาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการแปลภาษาไทย–จีน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้งานวิจัยนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์และเป็นประโยชน์ในการสื่อสารกับกลุ่มเป้าหมาย

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณและผู้ให้การสนับสนุนทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา นาคสกุล. (2556). ระบบเสียงภาษาไทย. กรุงเทพมหานคร: โครงการเผยแพร่ผลงานวิชาการ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โชติรภัค ธนเศรษฐวิวัฒนา, จารุวรรณ เบญจาทิกุล, สมเกียรติ รักษ์มี, และพีรวิรัญ สุวรรณชาติ. (2561). นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาการออกเสียงภาษาไทยตามแนวภาษาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษากลุ่มชาติพันธุ์อาข่าในจังหวัดเชียงราย. *วารสารรมยสาร, 16*(1), 273–280.

นวลทิพย์ เพิ่มเกษร. (2551). ปัญหาการใช้ภาษาไทยของนักศึกษาจีนที่เรียนภาษาไทยในฐานะภาษาต่างประเทศ. *วารสารวรรณวิทัศน์, 11*(1), 149–150.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2551). เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์และทำปกเจริญดี.

รัชดา ลาภใหญ่. (2559). แนวทางและข้อควรปฏิบัติในการสอนภาษาไทยในฐานะภาษาต่างประเทศให้แก่นักศึกษาจีนอย่างมีประสิทธิผล. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต, 12*(21), 37–48.

รุ่งรัชนี พร้อมเพรียง. (2561). การพัฒนาการออกเสียงพยัญชนะท้ายพยางค์ภาษาอังกฤษตามหลักสัทศาสตร์ โดยใช้ชุดการเรียนรู้ตามหลักสัทศาสตร์. *ภาษาและภาษาศาสตร์, 36*(ฉบับพิเศษ), 81–100.

สุนีย์ ลีลาพรพินิจ. (2559). การศึกษาเปรียบเทียบระบบเสียงในภาษาไทยกับภาษาจีนเพื่อประโยชน์ในการสอนภาษาไทยระดับพื้นฐานในฐานะภาษาต่างประเทศ. *วารสารปัญญาภิวัฒน์, 10*(3), 35–39.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2567, 15 ตุลาคม). *ทั้งปี 2567 นักท่องเที่ยวจีนเที่ยวไทยคาดมีจำนวน 7 ล้านคน จากเศรษฐกิจจีนชะลอตัว การแข่ง ด้านการท่องเที่ยวสูง*. https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/CH-Toursim-CIS3522-2024-10-15.aspx

ฮาซัน บัวเชย และจอมขวัญ สุทธินนท์. (2564). การเปรียบเทียบหน่วยเสียงพยัญชนะของตัวอย่างคำในภาษาอินโดนีเซียและภาษาไทย. *วารสารพุทธสังคมวิทยาปริทรรศน์*, 6(4), 83–94.

Geerativudhipong, S., Phon-ngam, P., & Phaiboonnugul, C. (2022). *The investigation of Chinese TFL learners' abilities to distinguish Thai initial consonant sounds. Journal of Thai Interdisciplinary Research, 17*(5), 1–7.

การพัฒนาเอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี

Development of teaching materials that promote the integration of teaching Thai literature using Buddhist philosophy and poetry from the story of Phra Aphai Mani

ประพินท์ สังขา[1*] กรนิษฐ์ ชายป่า[1] พิงพร ศรีแก้ว[1] ศิวพร จติกุล[1] และ พระครูโสภิตชัยวงค์[1]

Praphin Sangkha[1*], Koranit Chaipa[1], Pingporn Srikaew[1], Siwaporn Jatikun[1] and Phra khrū sop.hi t chạy wngkh[1]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ หาประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการสอนการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม ของนิสิตคณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย บูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบทดสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ เอกสารประกอบบทเรียน การหาค่า IOC โดยผู้เชี่ยวชาญ ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นิสิตที่เรียนสาขาครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา และได้ลงทะเบียนเรียนวิชาวรรณคดีวิจารณ์ (Literary Criticism) 204 423 ปีการศึกษา 2566 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 11 รูป/คน ตัวแปรต้น คือ เอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี ตัวแปรตาม คือ ความสามารถด้านคุณธรรมและจริยธรรมของนิสิตคณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย **วิธีการรวบรวมข้อมูล** ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง **สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล** ได้แก่ การสังเคราะห์ข้อมูล การหาค่า IOC โดยผู้เชี่ยวชาญ แบบทดสอบ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ตรวจสอบประสิทธิภาพการสอน การวิเคราะห์ข้อมูล การหาค่า t-test ใช้สถิติร้อยละ

ผลการวิจัย พบว่าได้เอกสารประกอบการสอนที่มีประสิทธิภาพ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: การส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม ; บูรณาการการสอน ; พุทธปรัชญาคำกลอน

[1] มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Mahachulalongkornrajavidyalaya University Phayao Campus, Phayao 56000

Corresponding Author: prapin.sang@mcu.ac.th

Abstract

This research paper aims to find the effectiveness of the teaching materials for moral and ethical promotion of students of the Faculty of Education. Integrated teaching of Thai literature using Buddhist philosophy, poetry from Phra Aphai Mani, developmental research tools such as test, learning management plan, lesson documents, and IOC value by experts. The population and sample used in this study are 11 students studying in the field of medicine, Mahachalachulalongkornrajavidyalaya University, Phayao Campus, and enrolled in Literature Criticism 204 423 in the academic year 2026, 2nd semester. The first variable is teaching materials that promote the integration of Thai literature using Buddhist philosophy and poetry from the story. Phra Aphai Mani, the variable according to is the moral and ethical ability of faculty students. Thai language teaching, how to collect data, researchers collect data by themselves. Statistics used in data analysis include data synthesis, IOC value by experts, test confidence, distribution coefficient, teaching performance verification, data analysis.

The t-test value used statistics percentage research results found that effective teaching materials were obtained with statistical significance at the level of 0.01

Keywords: moral promotion ethics, teaching integration, Buddhist philosophy, poetry

บทนำ

เยาวชนไทยถือว่าเป็นอนาคตของชาติ เป็นผู้ซึ่งจะเจริญเติบโตขึ้นไปเป็นกำลังของประเทศชาติในอนาคตอันใกล้ แต่บทบาทของเยาวชนในปัจจุบันประพฤติปฏิบัติตนไม่เหมาะสมเป็นแบบอย่างที่ดีไม่ได้ เนื่องเพราะการจัดการศึกษาของรัฐขาดการส่งเสริม และถ่ายทอดความรู้สึกนึกคิดที่ดีงาม เกี่ยวกับคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณ เหล่านี้ทุกคนจะมองภาพลักษณ์ที่ไม่ดีหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องยาเสพติด การพนัน การเที่ยวกลางคืน การแต่งกายของนักเรียน นักศึกษาไม่เหมาะสม ทำให้ผู้ใหญ่มองภาพเยาวชนไปในทางที่ไม่ดี เป็นเพราะว่าการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกในยุคปัจจุบันหรือยุคโลกาภิวัตน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผลที่เกิดขึ้นคือ ทางด้านความคิดของผู้ใหญ่กับเยาวชนขัดแย้งกัน ถ้าหากว่าผู้ใหญ่ใจกว้างอีกทั้งเคยผ่านวัยเยาวชนมาก่อน ก็ควรพร้อมที่จะรับฟังความคิดเห็นเยาวชน การอบรมสั่งสอนวิชาการในโรงเรียนในมหาวิทยาลัย และสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาทั้งหลายส่วนใหญ่มักจะมุ่งเน้นสอนเฉพาะเรื่องเนื้อหาวิชานั้นๆ ที่นักศึกษาได้ลงทะเบียนเรียนไว้ โดยมิได้แทรกความรู้เรื่องคุณธรรม จริยธรรมเข้าไปด้วยเลย เราเน้นกันแต่เรื่อง “ทักษะทางวิชาชีพ” เท่านั้น มีการวิพากษ์วิจารณ์จากผู้ห่วงใยต่อการจัดการศึกษาทั้งในและนอกวงการศึกษาเห็นว่าแนวทางการจัดการศึกษาของไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่นำแนวคิดแนวทางปรัชญาและจิตวิทยาทางตะวันตกมาปรับใช้ในสังคมไทย ไม่ค่อยได้ผลและก่อให้เกิดปัญหาตามมาอย่างมากมาย ตามที่พบเห็นในสังคมปัจจุบันนี้ ซึ่งสังคมไม่ได้เหลียวกลับมามองดูว่า ตัวปัญหาอันหนึ่งก็คือ ผลผลิตคุณภาพของผู้เรียนที่ออกไปอยู่ในสังคมนี้ล้มเหลวโดยสิ้นเชิง การปลูกฝังนิสัยทำได้ก็แต่โดยการแทรกซึมเข้าไปในวิถีชีวิตเท่านั้นตราบเท่าที่เราจำกัดการศึกษาให้อยู่ในรั้วโรงเรียน ห้องเรียน การปลูกฝังศาสนธรรมย่อมไม่ประสบผลสำเร็จอย่างแน่นอน สุทิน อธิปัญโย (2562 : 31) กล่าวว่า สภาพการดำเนินชีวิตของประชาชนในสังคมปัจจุบันนี้เป็นไปด้วยความยากลำบาก บางกลุ่มมีความลำบากด้านร่างกายและจิตใจ สถาบันทางวิชาชีพครูเป็นสถาบันที่สำคัญอีกสถาบันหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือต่อสังคมไทยในการพัฒนาการศึกษาให้เยาวชนของประเทศ ได้ตระหนักเห็นความสำคัญของการมีคุณธรรมจริยธรรมเกิดกับตนเองและสังคม เยาวชนแนวทางส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมในการจัดการเรียนการสอนให้ได้ผล ระบบการศึกษา ระบบโรงเรียน ต้องปรับความเข้าใจและปรับวิถีชีวิต พฤติกรรม ให้เป็น

แบบอย่างที่ดีต่อผู้เรียนและครู นักเรียน เยาวชนจะเป็นคนดีมีคุณธรรม คงมิใช่เพียงแค่หวังจากการที่ครูผู้สอนนำหลักทางศาสนาไปแทรกสอนในรายวิชาต่างๆ เท่านั้น ทุกฝ่ายในโรงเรียนจะต้องนำแนวทางพุทธศาสนาไปปรับใช้ในกระบวนการทำงานก่อน สิ่งเหล่านี้ก็จะส่งผลทางอ้อมต่อการฝึกฝนพัฒนาบุคลิกภาพ ค่านิยมที่ดีคงจะเป็นตัวกระตุ้นชี้แนะอีกทางหนึ่งสำหรับโรงเรียนและครูผู้สอน

ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวในฐานะบทบาทหน้าที่ที่คณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา มีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดการศึกษา ผลิตบัณฑิตครูเพื่อเป็นครูที่ดีในสังคมและเพื่อพัฒนาการศึกษาของชาติ ได้ตระหนักเห็นความสำคัญในการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม แก่นิสิตบัณฑิตครูเพื่อเป็นแบบอย่างของสังคม ด้วยวิธีการดังกล่าว จึงได้จัดทำวิจัย เรื่อง การส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมของนิสิตคณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย บูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณีขึ้น เพื่อเป็นแนวทางให้นักศึกษาที่เรียนจบบัณฑิตครู ได้นำแนวทางการสอนคุณธรรม จริยธรรม ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในระดับโรงเรียน อันจะส่งผลทางอ้อมต่อการฝึกฝนพัฒนาบุคลิกภาพ ค่านิยมที่ดีให้แก่ผู้เรียนและสังคมต่อไป อีกทั้งสอดคล้องกับแนวนโยบายการปฏิรูปการศึกษาเพื่อให้เกิดคุณภาพทั้งในด้านการผลิต กระบวนการจัดการ และปัจจัยต่างๆโดยมุ่งหวังให้การจัดการทั้งระบบ โดยเฉพาะการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมให้เกิดขึ้นกับเยาวชน พลเมืองของประเทศ ซึ่งจะส่งผลต่อความมั่นคงและความเจริญรุ่งเรืองของประเทศสืบไป บุคคลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ก็คือ ครู เพราะต้องเป็นผู้นำและผู้ประสานความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่มีความสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่านิยมทางสังคม การเรียนรู้ ประสบการณ์ชีวิต การแนะแนว รวมทั้งการระดม และจัดสรรทรัพยากรมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อตอบสนองนโยบายการปฏิรูปการศึกษา การจัดการบริหารการศึกษาของรัฐอีกด้วย การสอนคุณธรรม จริยธรรมให้เกิดผลนั้น ควรสอดแทรกค่านิยม เจตคติลงในทุกรายวิชาที่ครูสอน การศึกษาพบว่า รายวิชาวรรณคดีไทยจะมีเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับคุณธรรม จริยธรรมมากที่สุด คณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา จึงได้บูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณี เพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการปฏิรูปการศึกษา โดยนำแนวทางทางพุทธศาสนา นำหลักการ วิธีการเรียนรู้มาเป็นแนวทาง การส่งเสริม ถ่ายทอด คุณธรรม จริยธรรมให้นิสิตที่จะประกอบวิชาชีพครู ได้ตระหนักและเห็นคุณค่า เกิดแรงบันดาลใจในการพัฒนาเยาวชนและการศึกษาของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อหาประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอน จากเรื่องพระอภัยมณี

ระเบียบวิธีวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development R&D)

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ได้แก่นิสิตชั้นปีที่ 3 ที่เรียนคณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา และได้ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวรรณคดีวิจารณ์ (Literary Criticism) 204 423 ปีการศึกษา 2567 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 11 รูป / คน

3. เทคนิคที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้เทคนิคการวิจัยเชิงทดลอง รูปแบบของการวิจัยใช้กลุ่มเดียว มีการทดสอบผู้เรียน ก่อนเรียน (Pre – test) และหลังเรียน (Post – test) โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการสอนและเก็บข้อมูลเอง

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

4.1 เอกสารประกอบการสอน การส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม สำหรับนิสิต คณะครุศาสตร์สาขาวิชาการสอนภาษาไทย ในการจัดการเรียนการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอน จากเรื่องพระอภัยมณี จำนวน 1 เล่ม ซึ่งจัดทำเป็นแผนการสอนรายสัปดาห์ จำนวน 6 แผน มีหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 6 หน่วย และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 แผน ใช้เวลาในการสอนจำนวน 12 ชั่วโมง ในแผนมีเนื้อหาสัมพันธ์กับการบูรณาการการสอนวรรณคดีวิจารณ์ ทั้ง 5 ทักษะ คือ 1. ทักษะการอ่าน 2. ทักษะการเขียน 3. ทักษะการฟัง การดู และการพูด 4. ทักษะหลักภาษาและการใช้ภาษาไทย 5. ทักษะวรรณคดีและวรรณกรรม โดยรวบรวมพุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณี เชื่อมโยงสู่การเรียนรู้คุณธรรม จริยธรรม จากเนื้อหาของบทเรียน ซึ่งจำนวนเนื้อหาสาระการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม มีทั้งหมด 9 ประเภท ได้แก่

1) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องการทำมาหากิน
2) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องสังคม / สมาคม
3) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องการศึกษาอบรม
4) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องการปกครอง
5) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องศีลธรรม / กรรม / วัฒนธรรม
6) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องความรักและการครองเรือน
7) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องความไม่ประมาท
8) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องครอบครัว
9) ปรัชญาชีวิตว่าด้วยเรื่องความเชื่อ

4.2 แบบทดสอบ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้แก่

4.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน มีเนื้อหาสาระด้านความเข้าใจในทักษะการอ่านพุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณี แล้ววิเคราะห์ในด้านความรู้ ด้านคุณธรรม จริยธรรมที่ได้รับ แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 1 2 3 4 จำนวนแบบทดสอบ 30 ข้อ ทดสอบโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบและกำหนดเวลาในการทดสอบเอง

4.2.2 แบบทดสอบระหว่างเรียน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวนแบบทดสอบ 10 ข้อ ใช้ทดสอบประจำหน่วยการเรียนรู้รายชั่วโมง 90 คะแนน โดยนิสิตชั้นปีที่ 3 ที่เรียนคณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา และได้ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวรรณคดีวิจารณ์ (Literary Criticism) 204 423 ปีการศึกษา 2567 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 11 รูป / คน เป็นผู้ปฏิบัติการสอบ

4.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 1 2 3 4 จำนวนแบบทดสอบ 30 ข้อ การทดสอบผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบ

4.3 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างค่า IOC

5. การสร้างและการวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี ที่ใช้ในการวิจัยมีการดำเนินการ ดังนี้

5.1 ประธานหลักสูตรคณะครุศาสตร์ สาขาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา ประชุมอาจารย์ผู้สอน เพื่อมอบหมายภาระงานในการเป็นผู้รับผิดชอบในการสอนรายวิชาวรรณคดีวิจารณ์

5.2 ศึกษาหลักสูตร คำอธิบายรายวิชา และจุดประสงค์การเรียนรู้ของวิชาวรรณคดีวิจารณ์ และแนวทางการส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรมที่ปรากฏในหนังสือ

5.3 ศึกษาทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์ ในเรื่องกฎแห่งความพร้อม กฎแห่งการฝึกหัด กฎแห่งการใช้และกฎแห่งความพอใจ เพื่อวิเคราะห์สังเคราะห์ลำดับขั้นการสอน

5.4 ศึกษาเอกสารวิธีการสอนจากเอกสาร ตำราวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างเอกสารประกอบการสอน การส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม

5.5 จัดทำเอกสารประกอบการสอน โดยศึกษาเอกสาร วิธีการสอนและเอกสารที่เกี่ยวข้อง / ตลอดถึงแหล่งข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกัน

5.6 นำเอกสารประกอบการสอนที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ แบบทดสอบท้ายบท เวลา สื่อ และความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง พร้อมทั้งเสนอขอผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม เพื่อความสมบูรณ์ของรูปแบบวิธีการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนภาษาไทย จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางสถิติวิจัยวัดผลประเมินผล จำนวน 1 ท่าน

5.7 นำเอกสารประกอบการสอนที่สร้างและแก้ไขแล้ว นำไปทดลองสอนกับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 คน

5.8 ใช้เอกสารประกอบการสอนที่สร้างและแก้ไขแล้วจัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์ นำไปทดลองใช้สอนกับนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 11 รูป / คน

5.9 จัดทำแผนการสอนประกอบการสอนรายวิชาวรรณคดีวิจารณ์

5.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้าง ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ตลอดทั้งทักษะกระบวนการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลยิ่งขึ้น

5.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงแก้ไข

5.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 คน เพื่อปรับปรุงพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

5.13 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 11 คน

6. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

6.1 ศึกษาเอกสารวิธีการสร้างแบบทดสอบ จากเอกสาร ตำราทางวิชาการ งานวิจัย แหล่งเรียนรู้หนังสือและคู่มือครู

6.2 ศึกษาวิธีการวัดผลประเมินผล ด้านความรู้ ความสามารถ ทักษะกระบวนการและเจตคติ ค่านิยม สมรรถนะที่จำเป็นของรายวิชาวรรณคดีวิจารณ์

6.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ

6.4 กำหนดเนื้อหาที่ต้องการวัดผลสัมฤทธิ์

6.5 จัดทำแบบทดสอบฉบับร่าง โดยกำหนดคะแนน เวลาและจำนวนในการจัดทำแบบทดสอบ ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบความแม่นยำเชิงเนื้อหา และวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาโดยวิธีการเชิงคุณภาพและค่า IOC

6.6 นำแบบทดสอบไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

6.7 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 คน

6.8 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 11 รูป/คน

7. การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล เก็บคะแนนก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียนทั้งหมด แบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเป็นผู้จัดเก็บข้อมูลเอง

8. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ค่าคะแนนเฉลี่ยประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี โดยใช้สูตร สูตร (E_1) ประสิทธิภาพของนวัตกรรมระหว่างเรียน (หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ) หาค่า t–test

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการสอนการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี

ตอนที่ 1 ผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาเอกสารประกอบการสอนการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี ของนิสิตคณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา โดยผู้เชี่ยวชาญ (IOC)

ด้านการประเมิน	รายการ	ผู้เชี่ยวชาญ					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1. รูปเล่มเอกสารประกอบการสอนการส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรมของนิสิตคณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยาบูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี	1.1 รูปเล่มกะทัดรัด ขนาดทุกส่วนของหนังสือ มีความสมดุล รูปภาพชัดเจน		3				
	1.2 ตัวอักษร ตัวโต ชัดเจน เหมาะสมกับสายตา	3					
	1.3 ภาษาที่ใช้ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายเหมาะสมกับการเรียนรู้วรรณคดีไทย	3					

ด้านการประเมิน	รายการ	ผู้เชี่ยวชาญ					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
2. เนื้อหา และพฤติกรรมตัวละครจากเรื่องพระอภัยมณี	2.1 ผู้อ่านสามารถสรุป องค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	3					
	2.2 สาระการเรียนรู้ได้นำแนวทางพุทธปรัชญา และพุทธศาสนามาเป็นแนวทางการสร้างองค์ความรู้และส่งเสริม	3					
	2.3 ผู้เรียนได้กระบวนการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง	2	1				
	2.4 เนื้อหานอกจากให้ความบันเทิงแล้ว ยังให้แนวทางมุมมองด้านคุณธรรม จริยธรรมความสอดคล้องกับคุณค่าของการเรียนวรรคดีไทย	2	1				
	2.5 เนื้อหามีแนวคิดสอดคล้องเชิงพุทธปรัชญาการศึกษา	3					
	2.6 เหตุการณ์ ฉาก ตัวละครในวรรณคดีมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงบูรณาการความรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรมของผู้อ่านได้ดี	2	1				
	2.7 มีเนื้อหาสาระให้แนวทางการส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรม	2	1				
3. ความคิดเชิงวิเคราะห์สังเคราะห์	3.1 ผู้เรียนสามารถ นำแนวคิดพุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณีมาวิเคราะห์ใช้ในการดำเนินชีวิต	3					
4. เวลา	4.1 การใช้เวลาในการศึกษาเอกสารไม่เกิน ๑ ชั่วโมง		3				
5. จุดประสงค์ของเอกสารประกอบการสอนมีความชัดเจน	5.1 จุดประสงค์ของเอกสารประกอบการสอนมีความชัดเจน	2	1				
	3.2 เนื้อหานอกจากให้ความบันเทิงแล้ว ยังให้แนวทางมุมมองด้านคุณธรรม จริยธรรมทางพุทธศาสนา	2	1				

ด้านการประเมิน	รายการ	ผู้เชี่ยวชาญ					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
6. แบบฝึกหัด	6.1 แบบฝึกหัดมีเนื้อหาสาระชัดเจน มีความเหมาะสมสอดคล้องกับคุณธรรมจริยธรรมที่ได้รับจากการอ่านคำกลอน สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้	3					
7. คุณธรรม จริยธรรม	7.1 เอกสารประกอบการสอนสามารถทำให้ผู้เรียนมีคุณธรรมจริยธรรมในเชิงประจักษ์	3					
	รวม	**3**	**1**	**0**	**0**	**0**	ใช้ได้เหมาะสมมาก

จากตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีทั้งหมด 7 ด้าน ดังนี้ 1. รูปเล่มของเอกสารประกอบการสอน ซึ่งประกอบด้วยขนาดรูปเล่ม ตัวอักษร ภาษาที่ใช้ 2. เนื้อหาและพฤติกรรมของตัวละครมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของงานวิจัย 3. ความคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วยคุณค่าและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้ง 3 ด้านผลการประเมินอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด 4. เวลาที่ใช้ในการศึกษา มีความเหมาะสมมาก 5. จุดประสงค์ของเอกสารประกอบการสอนมีความชัดเจน มากถึงมากที่สุด ส่วนด้านที่ 6 แบบฝึกหัดมีความชัดเจนเหมาะสม และด้านที่ 7 สามารถวัดคุณธรรมจริยธรรมได้ชัดเจนอยู่ในระดับมากที่สุด สรุปโดยรวมผลการประเมินของเอกสารประกอบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับเหมาะสมมาก

ตอนที่ 2 ประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการสอน

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนระหว่างเรียน นิสิตที่เรียนคณะครุศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัย มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา

	คะแนนระหว่างเรียน									**รวม**
	หน่วยที่	**หน่วยที่**	**หน่วยที่**	**หน่วยที่**	**หน่วยที่**	**หน่วยที่**	**หน่วยที่**	**หน่วยที่**	**หน่วยที่**	90
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$\bar{X}$	8.45	7.72	8.00	8.63	7.90	9..20	7.90	8.36	8.27	73.63
ร้อยละ	84.54	77.27	80.00	76.63	79.09	68.63	79.09	82.72	82.72	81.81

จากตารางที่ 2 พบว่า ตารางแสดงคะแนนระหว่างเรียนของนิสิต ซึ่งมีการเรียนทั้งหมด 9 หน่วยการเรียนรู้ หลังเรียนมีการทดสอบเก็บคะแนนทุกครั้ง ผลมีดังนี้ หน่วยที่ 1 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 84.54 หน่วยที่ 2 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 77.27 หน่วยที่ 3 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.00 หน่วยที่ 4 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 76.63 หน่วยที่ 5 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 79.09 หน่วยที่ 6 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 68.63 หน่วยที่ 7 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 79.09 หน่วยที่ 8 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 82.72 หน่วยที่ 9 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 82.72 โดยมีค่าเฉลี่ยรวมคิดเป็นร้อยละ 81.81

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนิสิตคณะครุศาสตร์ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา บูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณี

	คะแนนผลสัมฤทธิ์ 30 คะแนน
$\bar{X}$	25.54
ร้อยละ	85.15

จากตารางที่ 3 พบว่า ตารางแสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนิสิตคณะครุศาสตร์ชั้นปีที่ 3 วิทยาเขตพะเยา มีค่าเฉลี่ย 25.54 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.15

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ E_1 E_2 ของนิสิตคณะครุศาสตร์ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 / 80

ค่าเฉลี่ยร้อยละ	**คะแนนระหว่างเรียน**	**คะแนนผลสัมฤทธิ์**
	81.83	85.15

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี เป็นสื่อการสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.83 / 85.15 ตามลำดับ แสดงว่าเอกสารประกอบการสอน มีประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์ มาตรฐานที่กำหนด 80 /80

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่า t– test ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกันของนิสิตคณะครุศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา บูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณี

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	D^1	D^2
1	11	25	–14	196
2	14	26	–12	144
3	10	24	–14	196
4	12	26	–14	196
5	14	25	–11	121
6	13	24	–11	121
7	12	25	–13	169
8	11	25	–14	196
9	13	27	–14	196
10	16	28	–12	144
11	13	26	–13	169
N=11	$\sum x^1$ = 139	$\sum x^2$ = 281	$\sum D^1$ = –142	$\sum D^2$ = 1848

สูตร t–test

$$t = \frac{\sum D^1}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

แทนค่า

$$t = \frac{-142}{\sqrt{\frac{(11\ x\ 1848) - (-142)^2}{11-1}}}$$

$$= \frac{-142}{\sqrt{\frac{(20328) - (20164)}{10}}}$$

$$= \frac{-142}{\sqrt{\frac{(164)}{10}}}$$

$$= \frac{-142}{4.04}$$

$$= -35.14$$

ค่า t ที่คำนวณได้ = – 35.14

ค่า t ที่เทียบตารางได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 = 2.22

ค่า t ที่เทียบตารางได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 = 3.16

จากตารางพบว่า ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนวิเคราะห์ด้วย t- test ปรากฏ ค่า t เท่ากับ – 35.14 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงอาจกล่าวได้ว่า คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ คะแนนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียน หมายความว่าหลังจากที่ใช้เอกสารประกอบการสอนและวิธีการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้แล้วปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าเอกสารประกอบการสอนและวิธีการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการสอนมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ให้กับนักศึกษาในครั้งนี้

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ของนิสิตคณะครุศาสตร์ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาการสอนภาษาไทย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา บูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณี

	คะแนนก่อนเรียน		คะแนนหลังเรียน		คะแนนพัฒนาการ
	คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ	
	30		30		
ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	12.63	42.11	25.54	84.23	+12.90

จากตารางที่ 5 พบว่าคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 12.63 คิดเป็นร้อยละ 42.11 สำหรับคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 25.54 คิดเป็นร้อยละ 84.23 ซึ่งสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน โดยมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 12.90

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เอกสารประกอบการสอนการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม ช่วยให้นิสิตมีความรู้ ความเข้าใจ ต่อการเรียนรู้จากวรรณคดีไทยเรื่องพระอภัยมณีเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากว่า ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างวิธีการสอน โดยคำนึงถึง จิตวิทยาการสอน และทฤษฎีการเรียนรู้ และแนวคิดทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์มาใช้ในการสร้างเอกสารประกอบการสอน โดยมีลำดับขั้นตอนการดำเนินการจัดการศึกษาหลักสูตรและเทคนิควิธีการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้นำมาจัดสร้างหลักสูตร จัดทำแผน แบบฝึก เอกสารประกอบบทเรียนซึ่งได้นำมาสู่การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนตลอดมา ปรากฏว่าผลที่เกิดขึ้นกับนิสิตมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด จุดประสงค์งานวิจัย และสอดคล้องกับผลที่คาดว่าจะได้รับทุกประการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวี เทศมาศ, ทวีศักดิ์ ทานน, สุรินทร์ ภูสิงห์และนฤมล ภูสิงห์, พัชรี อ่อนตา ดังนี้ 1. ผลสัมฤทธิ์จากการใช้เอกสารประกอบการสอนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2. นิสิตมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ดังนี้ เอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทย โดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี โดยผู้ทรงวุฒิมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง วัดพฤติกรรมนั้น ๆ ได้เหมาะสมในระดับมาก สามารถทำให้การเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ดีขึ้น การใช้ภาษา กระบวนการสอน วิธีการสอน บทบาทผู้สอนมีความเหมาะสมกับวิชาที่สอน มีวิธีการ เพราะแนวการสอนที่สามารถค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมนอกเวลาจากเอกสารประกอบบทเรียน อีกทั้งมีการอภิปรายแสดงความคิดเห็นและได้ฝึกทักษะในการสร้างเสริมคุณธรรมจริยธรรมให้เกิดขึ้นกับตนเอง เอกสารประกอบการสอนได้นำเสนอกิจกรรมในลักษณะเฉพาะตัวที่เหมาะสม สามารถอ่านทบทวนความรู้ความเข้าใจนอกเวลาเรียนได้ โดยการอ่านข้อความจากเอกสาร ทำให้นิสิตได้รับความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น หากไม่เข้าใจในเนื้อหาสาระก็สามารถนำมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันได้ในชั้นเรียน อีกทั้งมีแบบทดสอบให้นิสิตได้

ทบทวนความรู้ในแต่ละเนื้อหาด้วย จึงส่งผลให้เอกสารประกอบการสอนมีประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมนิสิต ดังนี้

1. นิสิตมีความรู้และทักษะการมีคุณธรรม จริยธรรมอยู่ในระดับที่น่าพอใจ พิจารณาได้จากผลการประเมินจากแบบฝึก การปฏิบัติตน และการประเมินจากบุคคลภายนอก มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาแล้ว ยังมีทักษะชีวิตตามที่หลักสูตรคุรุสภาคาดหวัง ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการสอน แบบฝึก มีการเชื่อมโยงความรู้เก่าไปสู่ความรู้ใหม่ ตลอดจนมีกระบวนการวัดและประเมินผลอย่างเป็นระบบและครอบคลุมทุกขั้นตอน จึงทำให้นิสิตเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. นิสิตมีพฤติกรรมที่ดี พิจารณาจากการปฏิบัติงาน ผลการประเมินคุณธรรม จริยธรรม จากการปฏิบัติในแต่ละงาน ปรากฏว่า นิสิตทุกคนมีพฤติกรรมการทำงานที่ดี การมีจิตอาสา ผ่านเกณฑ์การประเมินเป็นที่น่าพอใจทุกคน ทั้งนี้เพราะนิสิตได้ฝึกทักษะและกระบวนการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องและเป็นที่ประจักษ์ พิจารณาได้จากการออกค่ายอาสา

3. นิสิตมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ พิจารณาได้จากนิสิตมีความสนใจ ตั้งใจให้ความร่วมมือและกระตือรือร้นในการเรียนและการปฏิบัติงานด้วยดีทุกคน ทั้งนี้จากกระบวนการจัดการเรียนการสอนได้ใช้บทกลอนที่ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม ยังได้สร้างความตระหนักให้ประโยชน์ต่อชีวิต สนับสนุนให้นิสิตนำไปปฏิบัติ เพื่อช่วยเหลือคนในครอบครัว และบุคคลใกล้ชิด เป็นผลให้เกิดความสนใจและเห็นคุณค่าความสำคัญของคุณธรรมจริยธรรมต่อตนเองและสังคม

4. ด้านรายบุคคล

4.1 นิสิตได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้แก่ การแสดงพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรมในห้องเรียนและแสดงต่อบุคคลภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 นิสิตมีคุณธรรม จริยธรรมในตนเอง

4.3 นิสิตสามารถประพฤติตนเป็นต้นแบบ เป็นแบบอย่างที่ดีในห้องเรียน และสถานศึกษาได้รับการยกย่องจากชุมชนเป็นที่ประจักษ์

4.4 นิสิตมีชีวิตที่ดี ดำรงตนในสังคมได้อย่างมีความสุข

4.5 จากการเรียนรู้ของนิสิตส่งผลให้ครอบครัวนิสิตอยู่ดีมีสุข บุคคลในครอบครัวมีคุณธรรม จริยธรรม และยึดมั่นในแนวทางปฏิบัติ

องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัย

เอกสารประกอบการสอน การส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม สำหรับนิสิต คณะครุศาสตร์สาขาวิชาการสอนภาษาไทย ในการจัดการเรียนการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่องพระอภัยมณีส่งเสริมให้ 1. นิสิตมีความรู้และทักษะการมีคุณธรรม จริยธรรมอยู่ในระดับที่น่าพอใจ 2. นิสิตมีพฤติกรรมที่ดี 3. นิสิตมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

สรุปผล

จากผลการวิจัยพบว่า เอกสารประกอบการสอนที่ส่งเสริมการบูรณาการการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณี มีประสิทธิภาพ 81.81/85.15 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 และค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน มีพัฒนาการสูงขึ้น ซึ่งสรุปได้ว่าเอกสารที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรมนิสิตได้อย่างเหมาะสม ซึ่งมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมคือ การหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องคุณธรรมจริยธรรมและการเรียนการสอนวรรณคดีไทยโดยใช้พุทธปรัชญาคำกลอนจากเรื่อง พระอภัยมณีควรหาความรู้เพิ่มเติมในรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้คำไวพจน์ และการถอดคำประพันธ์ นอกจากนี้เน้นการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญโดยมุ่งฝึกทักษะจากการปฏิบัติจริงเป็นรายบุคคล ตลอดจนให้คำแนะนำ อบรมด้านพฤติกรรมเพื่อให้ผู้เรียนมีพฤติกรรม ทักษะชีวิตที่ดี

เอกสารอ้างอิง

ทวี เทศมาศ. (2557). ผลสัมฤทธิ์การใช้เอกสารประกอบการสอน วิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา สำหรับนิสิตชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตอุบลราชธานี. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

ทวีศักดิ์ ทานน. (2556). การพัฒนาประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการเรียน เรื่อง การเข้าหัวแจ็ค MC4 หลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น วิทยาลัยสารพัดช่างอุดรธานี. กรุงเทพมหานคร : วิริยะการพิมพ์.

พัชรี อ่อนตา.(2567). รายงานการใช้เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแคมป์สนวิทยาคม เพชรบูรณ์. กรุงเทพมหานคร : คุรุสภา.

สุทิน อธิปัญโญ.(2562). การพัฒนาสังคมของพระสงฆ์ตามแนวทางพระพุทธศาสนา. นิตยสารรายเดือน มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย. 73(6).

สุรินทร์ ภูสิงห์ และนฤมล ภูสิงห์.(2566). การพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนเพื่อส่งเสริม ความสามารถ ด้านประกอบการเรียน. กรุงเทพมหานคร : วิริยะการพิมพ์.

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ด้านการอ่านจับใจความโดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

The Development of Reading Comprehension Achievement Using the SQP2RS Strategy for Third-Grade Students

ปิยดารา มารินทร์[1*]

Piyadara Marin[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัยที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและหลังเรียน (One Group Pre-test Post-test Design) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/4 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้อง รวมทั้งหมด 42 คน ซึ่งได้มาโดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน 2) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัยที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญโดยใช้กลวิธี SQP2RS โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.77, S.D. = 0.39)

คำสำคัญ: การพัฒนาผลสัมฤทธิ์, การอ่านจับใจความ, กลวิธี SQP2RS

[1] สาขาวิชาวิทยาการจัดการเรียนรู้ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Department of Learning Management, Faculty of Education, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author : piyadarama@web1.dara.ac.th

Abstract

The purposes of this research were; 1) to compare the students' learning achievement before and after instruction on reading comprehension using the SQP2RS strategy among Grade 3 students at Dara Wittayalai School. 2) to study the satisfaction of Grade 3 students at Dara Wittayalai School toward learning management on reading comprehension using the SQP2RS strategy. This study was a quasi-experimental research employing a one-group pretest-posttest design. The sample consisted of 42 Grade 3/4 students from Dara Wittayalai School, Chiang Mai Province, during the first semester of the 2025 academic year. The sample was selected using cluster random sampling. The research methodology consists of the following: 1) A learning activity plan for reading comprehension based on the SQP2RS strategy. 2) A learning achievement test; and 3) A questionnaire measuring students satisfaction with the learning activity for reading comprehension using the SQP2RS strategy the data were analyzed using descriptive statistics, including the mean, percentage, and standard deviation, as well as an inferential statistic, the t-test.

The results of the study revealed that: 1) The learning achievement scores of Grade 3 students at Dara College after being taught reading comprehension through the SQP2RS strategy were significantly higher than before the instruction at the .05 level, which was consistent with the research hypothesis, and 2) The students' overall satisfaction with the learning activities on reading comprehension using the SQP2RS strategy was at the highest level ($\bar{x}$ = 4.77, S.D. = 0.39)

Keywords: Development of achievement, Reading Comprehension, the SQP2RS Strategy

บทนำ

การอ่านเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาตนเองและการดำเนินชีวิตในยุคปัจจุบัน เนื่องจากการอ่านเปรียบเสมือนการเปิดประตูสู่โลกใบใหม่ที่เต็มไปด้วยความรู้ ข้อมูลและประสบการณ์หลากหลาย การอ่านยังเป็นช่องทางสำคัญในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ พัฒนาความคิดและทำให้เข้าใจโลกที่อยู่รอบตัวได้ดียิ่งขึ้นการอ่านจับใจความสำคัญถือเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญมากในการเรียนรู้และการพัฒนาตนเอง เพราะช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจเนื้อหาที่อ่านได้อย่างรวดเร็วและลึกซึ้งอีกทั้งยังสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ สุนันทา กินรีวงศ์ (2563) ได้กล่าวไว้ว่า "การอ่านเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินชีวิต แต่การอ่านที่ดีและมีประสิทธิภาพไม่ใช่เพียงแค่อ่านออกหรืออ่านได้ แต่ต้องอ่านเป็น คือ การอ่านที่ทำให้ผู้อ่านได้รับประโยชน์และความเข้าใจอย่างเต็มที่ โดยต้องเข้าใจเนื้อหาที่อ่านได้อย่างแจ่มแจ้ง สรุปสาระสำคัญได้และสามารถนำสิ่งที่ได้จากการอ่านมาใช้ประโยชน์ในชีวิตได้" นอกจากนี้ ปรีชา ช้างขวัญยืน (2560) ยังได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการจับใจความสำคัญจากข้อความว่า เป็นทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ภาษาไทยอย่างมีประสิทธิภาพและการอ่านจับใจความสำคัญยังถือเป็นทักษะที่สำคัญอย่างมากต่อ การเรียนรู้วิชาภาษาไทยเพราะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้ง และนำความรู้นั้นไปใช้ได้อย่างเหมาะสมในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นแล้วการอ่านจับใจความสำคัญเป็นทักษะที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการอ่านอย่างมีคุณภาพ และยังเป็นทักษะที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความสำคัญของการอ่านแสดงให้เห็นได้ว่า ทักษะการอ่านจับใจความเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในการเรียนรู้และการทำงานอันจะช่วยให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจเนื้อเรื่องได้รวดเร็วและแม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นการอ่านหนังสือ

บทความหรือข่าวสาร ทักษะนี้ยังช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลและนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จะกำหนดการเรียนวิชาภาษาไทยไว้ 5 สาระสำคัญ ได้แก่ การอ่าน การเขียน การฟัง ดู และพูด หลักการใช้ภาษาไทย วรรณคดีและวรรณกรรม โดยมีการอ่านเป็นหนึ่งในสาระที่ต้องวัดและประเมินผลผู้เรียนตามมาตรฐาน ท 1.1 การใช้กระบวนการอ่านสร้างความรู้และความคิดเพื่อนำไปใช้ตัดสินใจแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต และปลูกฝังนิสัยรักการอ่าน ตัวชี้วัด ท 1.1 ป.3/3 กำหนดให้นักเรียนสามารถตั้งคำถามและตอบคำถามเชิงเหตุผลเกี่ยวกับเรื่องที่อ่านได้ เช่น นิทาน เรื่องเล่าบทร้อยกรอง และข่าวสารในชีวิตประจำวัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) แต่ก็ยังพบว่าผู้เรียนบางคนไม่สามารถระบุหรือแยกแยะประเด็นหลักของเรื่องที่อ่านได้เนื่องจากยังขาดทักษะในการสรุปข้อมูลหรือมองเห็นจุดสำคัญของเนื้อหาทำให้ไม่สามารถทำความเข้าใจสาระสำคัญของเรื่องได้อย่างถูกต้องซึ่ง การอ่านจับใจความต้องอาศัยการเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับข้อมูลใหม่ที่อ่าน หากผู้เรียนขาดการฝึกฝนหรือไม่มีประสบการณ์ก็อาจทำให้การทำความเข้าใจเนื้อหายากขึ้น ไม่สามารถตั้งคำถามหรือไม่สามารถตอบคำถามเชิงเหตุผลเกี่ยวกับสิ่งที่อ่านได้อย่างเหมาะสมเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจเนื้อหาและการคิดวิเคราะห์ การจับใจความไม่ได้หมายถึงแค่การอ่านและจดจำเนื้อหาทั้งหมดแต่รวมถึงการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ต่อได้ หากผู้เรียนไม่สามารถทำได้ก็จะทำให้ไม่เข้าใจเรื่องราวในระดับลึกและไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม จากการประเมินศักยภาพการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถตอบคำถามได้หรือเข้าใจคำถามผิด เนื่องจากไม่เข้าใจเนื้อเรื่องที่อ่านหรือข้อมูลที่กำหนดไว้ ซึ่งปัญหานี้สอดคล้องกับผลการทดสอบระดับชาติ (National Test หรือ NT) เป็นการทดสอบความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนระดับชาติโดยวัดความรู้และความคิดรวบยอดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในด้านภาษา (Literacy) สาระการอ่าน ในปีการศึกษา 2565 และ 2566 ที่ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบต่ำกว่าระดับประเทศ โดยในปีการศึกษา 2565 พบว่ามีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 54.23 และ ในปี 2566 มีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 65.15 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566) จากปัญหาดังกล่าว โรงเรียนจึงจำเป็นต้องเร่งพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียน หากนักเรียนไม่สามารถเข้าใจความหมายของคำหรือเนื้อเรื่องได้ชัดเจน จะไม่สามารถถ่ายทอดหรือจดจำความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยกลยุทธ์การสอนอ่านแบบ SQP2RS เป็นหนึ่งในวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นวิธีการสอนอ่านที่ช่วยพัฒนาทักษะการอ่านอย่างมีประสิทธิภาพเน้นการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการสร้างความเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์เนื้อหาเปรียบเทียบข้อมูลให้นักเรียนมีทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการอ่านหนังสือหรือเอกสารอื่น ๆ ได้อย่างอิสระ

การจัดกิจกรรมที่หลากหลายและเหมาะสมกับเนื้อหาในวิชาภาษาไทย เป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และเข้าใจเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น ซึ่งกลยุทธ์การสอนแบบ SQP2RS ที่ค้นพบโดย Echevarria, Vogt & Short (2010) เป็นกลยุทธ์การสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง คิดวิเคราะห์เนื้อหาได้อย่างมีเหตุผลและนำความรู้เดิมมาประยุกต์ใช้ได้ จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญ เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ตั้งแต่การสร้างความอยากรู้อยากเห็น ไปจนถึงการสรุปและประเมินความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์เนื้อหา เปรียบเทียบข้อมูล และสรุปใจความสำคัญได้อย่างแม่นยำประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สำรวจเนื้อเรื่อง (Survey) ขั้นที่ 2 ตั้งคำถาม (Question) ขั้นที่ 3 คาดคะเนคำตอบ (Predict) ขั้นที่ 4 อ่านเนื้อเรื่อง (Read) ขั้นที่ 5 ตอบสนอง (Respond) ขั้นที่ 6 สรุป (Summarize) โดยขั้นตอนการสอนทั้ง 6 ขั้นเป็นกลยุทธ์การสอนที่

ส่งเสริมทักษะการอ่านจับใจความสำคัญให้แก่ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่ละขั้นตอนการสอนจะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้ง

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการอ่านจับใจความสำคัญโดยใช้กลวิธี SQP2RS นั้นพบว่า กฤตพร ประจันตะเสน (2565) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามกลวิธี SQP2RS ร่วมกับหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างความสามารถด้านการอ่านจับใจความสำคัญสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามกลวิธี SQP2RS ร่วมกับหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด (Mean= 4.96, S.D. = 0.07) ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด (Mean= 4.72, S.D. = 0.32) มีค่าประสิทธิภาพ 76.43/77.14 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ นักเรียนมีความสามารถในการอ่านจับใจความสำคัญหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และ สิริพงษ์ กาละพงษ์ (2562) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการสอนอ่านแบบ SQP2RS เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนที่ได้รับกิจกรรมการสอนอ่านแบบ SQP2RS มีความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนและในระยะติดตามผลสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับกิจกรรมการสอนอ่านแบบ SQP2RS มีความคงทนของความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณ และงานวิจัยของ ธนวิทย์ กวินธนเจริญ และ อธิกมาส มากจุ้ย (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณและการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามกลวิธี SQP2RS พบว่า 1) ความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการทำงานเป็นทีมของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกลวิธี SQP2RS อยู่ในระดับดี และ 3) ความคิดเห็นของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกลวิธี SQP2RS อยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สกุลรัตน์ เจริญอินทร์พรหม (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถการอ่านเชิงสังเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กลวิธี SQP2RS ร่วมกับแผนผังความคิด ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถการอ่านเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กลวิธี SQP2RS ร่วมกับแผนผังความคิดหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี SQP2RS ร่วมกับแผนผังความคิด ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ดังนั้นแล้วจึงสรุปได้ว่ากลยุทธ์ SQP2RS เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับครูในการพัฒนาทักษะการอ่านของนักเรียนทุกระดับชั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่ข้อมูลข่าวสารมีปริมาณมาก การมีทักษะการอ่านที่แข็งแกร่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนกลุ่มสาระวิชาภาษาไทย โรงเรียนดาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ได้สังเกตพฤติกรรมการสอนอ่านจับใจความสำคัญของครูในโรงเรียนแล้วพบว่า มีอุปสรรคหลายประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการอ่านของนักเรียนคือ ปัญหาของครูส่วนใหญ่ที่ยังขาดวิธีการสอนที่หลากหลายและน่าสนใจในการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วม มีเวลาที่จำกัดใน การจัดกิจกรรมทำให้ครูไม่สามารถจัดกิจกรรมที่หลากหลายเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความได้อย่างเต็มที่ สื่อการสอนมีจำกัด สื่อการสอนที่หลากหลายและทันสมัยยังไม่เพียงพอต่อการสร้างความน่าสนใจในการเรียนรู้ ขาดการประเมินผลอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอทำให้ครูไม่สามารถปรับปรุงการสอนให้ตรงกับความต้องการของนักเรียนได้ และปัญหาของผู้เรียนคือ ผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถในการอ่านที่ไม่เท่ากัน ทำให้การสอนเป็นไปอย่างท้าทาย ผู้เรียนบางส่วนขาดแรงจูงใจในการอ่าน หรือไม่เห็นประโยชน์ของการอ่าน มีพฤติกรรมการอ่านที่ไม่ถูกต้อง เช่น อ่านเร็วเกินไป หรือไม่วิเคราะห์เนื้อหา พื้นฐานความรู้ไม่เท่ากัน ซึ่งความแตกต่างของพื้นฐานความรู้ส่งผลต่อความเข้าใจในการอ่าน สอดคล้องกับ Hattie (2009) ที่กล่าวถึงปัญหาการขาดเวลาในการจัดกิจกรรมที่หลากหลายเป็นอุปสรรคสำคัญในการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญ

เนื่องจากการสอนที่หลากหลายจะช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ในรูปแบบที่แตกต่างกัน และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์ชีวิตได้ดียิ่งขึ้น

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้กลยุทธ์การสอนแบบ SQP2RS พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ แก้ไขปัญหาทางด้านการอ่านจับใจความสำคัญและเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้วิชาภาษาไทยให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอันจะก่อให้เกิดคุณภาพในการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนและเกิดสมรรถนะทางการเรียนรู้ของผู้เรียนต่อไป

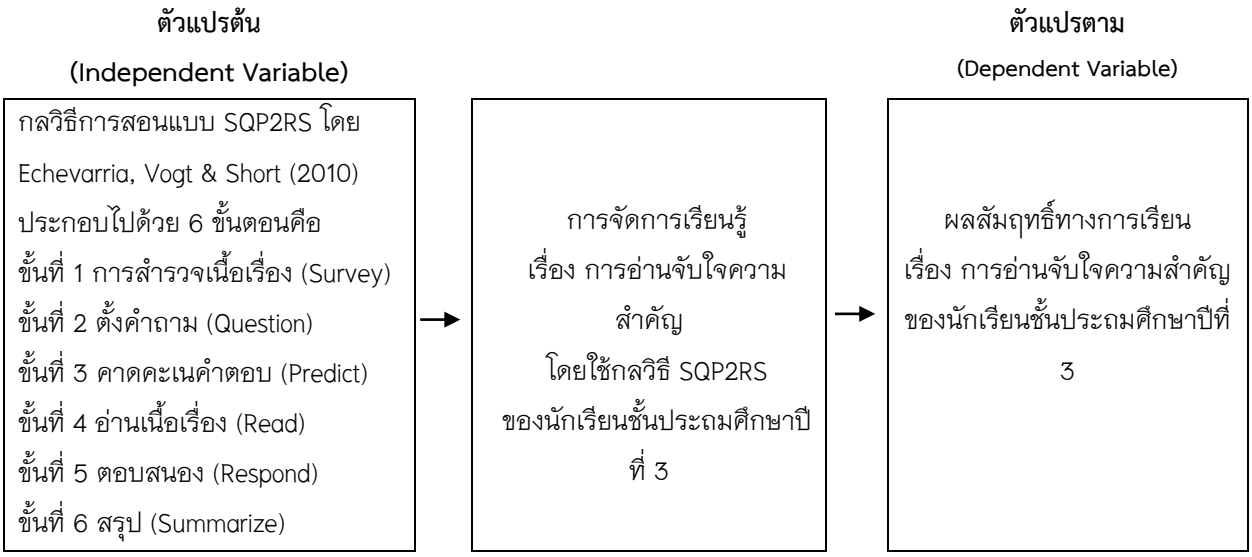
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัยที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS

สมมุติฐานการวิจัย

1. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยใช้กลวิธี SQP2RS หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัยมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS อยู่ในระดับมาก

กรอบแนวคิดการวิจัย



แผนภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีวิทยาการวิจัย

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ด้านการอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและหลังเรียน (One Group Pre-test Post-test Design) มีขั้นตอนและรายละเอียดของวิธีวิทยาการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 9 ห้องเรียน รวมทั้งหมดจำนวน 356 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/4 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้อง รวมทั้งหมด 42 คน ซึ่งได้มาโดยใช้การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาภาษาไทย สาระที่ 1 การอ่าน ท 1.1 ใช้กระบวนการอ่านสร้างความรู้และความคิดเพื่อนำไปใช้ตัดสินใจแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตและมีนิสัยรักการอ่าน ตัวชี้วัดชั้นปี ท1.1 ป.3/3 ตั้งคำถามและตอบคำถามเชิงเหตุผลเกี่ยวกับเรื่องที่อ่าน ผู้วิจัยได้นำมากำหนดเป็นสาระการเรียนรู้ได้ดังนี้

1. การอ่านจับใจความสำคัญนิทานหรือเรื่องที่เกี่ยวกับท้องถิ่น
2. การอ่านจับใจความสำคัญเรื่องเล่าสั้น ๆ
3. การอ่านจับใจความสำคัญบทเพลงและบทร้อยกรอง
4. การอ่านจับใจความสำคัญบทเรียนในกลุ่มสาระอื่น
5. การอ่านจับใจความสำคัญข่าวและเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันในท้องถิ่นและชุมชน

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและสอบหลังเรียน (One Group Pre-test Post-test Design) โดยมีลักษณะของการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง One Group Pre-test Post-test Design

กลุ่ม	Pre test	Treatment	Post test
ทดลอง	T_1	X	T_2

T_1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pre test)

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

T_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Post test)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง (ไม่รวมเวลาทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน)

การหาคุณภาพของเครื่องมือทำโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ รูปแบบการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อ วัสดุอุปกรณ์ แหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล จากนั้นได้วิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการประเมินเพื่อหาค่าเฉลี่ยความเหมาะสม พบว่าค่าความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.77, S.D. = 0.39) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556 : 20–25)

หลังจากนั้นได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ และนำข้อบกพร่องที่พบมาปรับแก้ก่อนจัดพิมพ์ฉบับจริงเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

การหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัยทำโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่ามีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 รวมทั้งหมด 30 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบที่มีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย แล้วนำแบบทดสอบดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณภาพโดยการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ โดยใช้สูตรคูเดอร์–ริชาร์ดสัน (Kuder–Richardson Formula) เพื่อหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ข้อสอบแต่ละข้อถูกพิจารณาคุณภาพโดยอิงจากค่าสถิติความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จะต้องมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ไม่ต่ำกว่า 0.20 จึงถือว่ามีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ในแบบทดสอบฉบับจริงได้

2.2 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัยที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยใช้กลวิธี SQP2RS

การหาคุณภาพของเครื่องมือทำโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของเครื่องมือใน 4 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านเนื้อหาการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อและอุปกรณ์ และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 25 ข้อ หลังจากนั้นได้นำข้อมูลที่รวบรวมจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.90–1.00 จำนวน 20 ข้อ เพื่อจัดพิมพ์ฉบับจริงและนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้และเก็บรวบรวมข้อมูลต่อผู้อำนวยการโรงเรียนดาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่

2. ติดต่อประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ถึงผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบและประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง รวม 10 ชั่วโมง (ไม่รวมเวลาทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน) และ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบปรนัย (Multiple Choices) ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งใช้ในการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre test) และหลังเรียน (Post test) เป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันเพียงแต่มีการสลับข้อ

3. ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมด้านต่าง ๆ เช่น ห้องเรียน นักเรียนกลุ่มทดลอง นักเรียนที่เป็นประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สภาพของห้องเรียน สื่อและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องจัดเตรียมให้มีจำนวนเท่ากับที่จะใช้จริง

4. ก่อนทำการทดลองผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre test) เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบปรนัย (Multiple Choices) ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 60 นาที

5. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง (ไม่รวมเวลาทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ระหว่างวันที่ 19–30 พฤษภาคม 2568 จำนวน 10 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที

6. หลังจากการทดลองจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสิ้นสุดแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post–test) เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน (Pre – test) เป็นแบบปรนัย (Multiple Choices) เลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ แต่มีการสลับข้อใหม่ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

7. หลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจำนวน 10 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง รวม 10 ชั่วโมง เรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปตรวจวิเคราะห์หาค่าทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre – test) และหลังเรียน (Post – test) เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ตรวจให้คะแนนโดยตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบเลยให้ 0 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการคำนวณค่าทดสอบค่าที (T–test) (Paired Samples t–test) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.)

2. วิเคราะห์ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.)

ผลการศึกษา

ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ด้านการอ่านจับใจความโดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จำนวน 42 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย

การทดสอบ	นักเรียน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	df	t	Sig. (1–tailed)
ก่อนเรียน	42	14.40	5.83			
				41.19	14.35*	0.0000
หลังเรียน	42	26.76	1.78			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จำนวน 42 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 มีคะแนนการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ก่อนเรียน (Pre test) มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 14.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.83 และหลังเรียน (Post test) มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 26.76 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.78 แสดงให้เห็นได้ว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยใช้กลวิธี SQP2R สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน สรุปได้ว่าการใช้กลวิธี SQP2RS ในการจัดการเรียนรู้เรื่องการอ่านจับใจความสำคัญส่งผลให้ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัยที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS

การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัยที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยใช้กลวิธี SQP2RS ใช้การหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประกอบด้วย 4 ด้านหลักคือ ด้านเนื้อหาของการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อและอุปกรณ์ ด้านการวัดและประเมินผล นำมาแปลผลโดยตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจโดยรวมทั้ง 4 ด้านคือ ด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อและอุปกรณ์ ด้านการวัดและประเมินผลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยใช้กลวิธี SQP2RS

รายการความพึงพอใจ รวม 4 ด้าน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผลความพึงพอใจ
1. ด้านเนื้อหาการเรียนรู้	4.94	0.20	มากที่สุด
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	4.61	0.47	มากที่สุด
3. ด้านสื่อและอุปกรณ์	4.68	0.60	มากที่สุด
4. ด้านการวัดและประเมินผล	4.85	0.29	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.77**	**0.39**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมทั้ง 4 ด้านคือ ด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อและอุปกรณ์ ด้านการวัดและประเมินผลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยใช้กลวิธี SQP2RS โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.77, S.D. = 0.39) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดคือด้านเนื้อหาการเรียนรู้ ($\bar{X}$ = 4.94, S.D. = 0.20) รองลงมาคือด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X}$ = 4.85, S.D. = 0.29) และด้านสื่อและอุปกรณ์ ($\bar{X}$ = 4.68, S.D. = 0.60) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ($\bar{X}$ = 4.61, S.D. = 0.47) นอกจากนี้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในทุกด้านค่อนข้างต่ำแสดงให้เห็นถึงความเห็นตรงกันของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ในแต่ละด้าน โดยรวมแล้วเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียนได้อย่างดี

สรุปผลและอธิปรายผล

1) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญ โดยการใช้กลวิธี SQP2RS สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญโดยใช้กลวิธี SQP2RS เป็นวิธีการที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถด้านการอ่านจับใจความสำคัญอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่ชัดเจนโดยเริ่มจากขั้นตอนแรกที่ให้นักเรียนสำรวจเนื้อเรื่อง (Survey) ช่วยให้ผู้อ่านมีภาพรวมของเนื้อหาก่อนที่จะแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนๆ ซึ่งทำให้สามารถจับจุดสำคัญของ

เนื้อหาได้ง่ายขึ้น และการตั้งคำถาม (Question) ในขั้นตอนที่สองช่วยกระตุ้นให้ผู้อ่านตั้งคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา เพื่อเตรียมตัวให้พร้อมก่อนการอ่านจริง เพิ่มความกระตือรือร้นในการอ่าน การคาดคะเนคำตอบ (Predict) ในขั้นตอนที่ 3 ทำให้ผู้อ่านคาดเดาผลลัพธ์หรือข้อมูลที่จะได้เรียนรู้จากการอ่าน ซึ่งช่วยกระตุ้นความสนใจและทำให้ผู้อ่านมีความกระตือรือร้นที่จะอ่านเนื้อหาต่อไป การอ่านมีทิศทางและจุดมุ่งหมายในขั้นตอนการอ่าน (Read) ในขั้นตอนที่ 4 จะทำให้ผู้อ่านรู้ว่าควรให้ความสำคัญกับข้อมูลอะไรบ้างจากคำถามที่ตั้งไว้ ทำให้การอ่านมีทิศทางและเจาะจงประเด็นมากขึ้น สร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งในขั้นการตอบสนอง (Respond) ขั้นตอนที่ 5 กระตุ้นให้ผู้อ่านทำการประมวลผลข้อมูลและตอบคำถามที่ตั้งไว้ ทำให้การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่มีการคิด วิเคราะห์ และเชื่อมโยงกับความรู้ที่มีอยู่แล้ว ช่วยเสริมสร้างการจำในขั้นตอนสุดท้ายคือ การสรุป (Summarize) ซึ่งเป็นการทบทวนเนื้อหาที่ได้เรียนรู้โดยการย่อความสำคัญและเนื้อหาหลัก ทำให้ช่วยให้จดจำและเข้าใจเนื้อหานั้นได้ดีขึ้นเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้แบบองค์รวมกลวิธี SQP2RS ทำให้ผู้อ่านสามารถเชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับความรู้ที่มีอยู่ และกระตุ้นให้มีการคิดในมุมมองที่กว้างขึ้น โดยไม่เพียงแค่การอ่านเพื่อทำความเข้าใจเท่านั้น แต่ยังสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการจำที่ดีขึ้นด้วย กลวิธี SQP2RS ดังที่ ฟอเตส (Forteses, 2001 : 883 – A) ได้ศึกษาถึงยุทธศาสตร์การอ่านเพื่อความเข้าใจของผู้อ่านชาวลาตินที่เรียนสองภาษาในระดับเกรด 5 เป้าหมายการศึกษาครั้งนี้เพื่อที่จะสำรวจและเปรียบเทียบยุทธวิธีการอ่านที่ถูกใช้โดยนักเรียนที่เรียนภาษาและเรียนด้วยเนื้อหาทั้งสามประเภท เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ การคิดแบบมีเสียง และการจดจำข้อเขียนจากการวิเคราะห์พบว่า ผู้อ่านที่ประสบความสำเร็จในการอ่านภาษาที่สองโดยใช้ยุทธวิธีโดยการเรียนภาษาที่สอง เช่น การแปลและจดจำสิ่งที่เป็นประเภทเดียวกันและทักษะที่เข้มแข็งในภาษาแรกมีอิทธิพลต่อความเข้าใจในการอ่านภาษาที่สอง และสอดคล้องกับ ดีลาเน (Delaney, 2002 : 111 – A) ได้ศึกษา ผลของยุทธวิธีในการฝึกอ่านเพื่อความเข้าใจกับนักเรียนระดับ 4 และระดับ 5 โดยแบ่งกาทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกให้นักเรียนจับใจความสำคัญของเรื่อง กลุ่มที่ ฝึกให้นักเรียนอ่านเนื้อเรื่องและขีดเส้นใต้ในประเด็นสำคัญเอาไว้แล้วทำการจดบันทึกสิ่งสำคัญเหล่านั้นเท่าที่จำได้และกลุ่มที่เป็นกลุ่มควบคุมใช้วิธีเดิมผลการทดลองพบว่า คะแนนความเข้าใจโดยเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยขอกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ คามาเลีย (Kamalia, 2016) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้กลวิธี SQP2RS ในการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน SMA N 1 Sawang โดยมีคำถามวิจัยหลัก 3 ประการ คือ 1) กลวิธี SQP2RS มีผลต่อการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความของนักเรียนหรือไม่ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านจับใจความของนักเรียนเป็นอย่างไรหลังจากได้รับการสอนด้วยกลวิธี SQP2RS และ 3) นักเรียนมีทัศนคติต่อการใช้กลวิธี SQP2RS ในการเรียนรู้เป็นอย่างไร ผลการวิจัยพบว่า หลังจากดำเนินการสอนเป็นเวลา 3 รอบ โดยใช้กระบวนการวางแผน–ปฏิบัติ–สังเกต–สะท้อนกลับ ผลคะแนนเฉลี่ยในการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนเพิ่มขึ้นจาก 63 เป็น 69 และ 78 ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ว่ากลวิธี SQP2RS มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความ นอกจากนี้ นักเรียนยังให้คะแนนความพึงพอใจในการใช้กลวิธี SQP2RS เฉลี่ย 3.67 จาก 4 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้ด้วยกลวิธีนี้ และยังได้สอดคล้องกับ Qabaja, Nafi, & Abu–Nimah (2016) ได้ศึกษาผลของการใช้กลวิธีสอนอ่าน SQP2RS ผ่านการเขียนเพื่อการเรียนรู้ (WTL) ในการอ่านจับใจความภาษาอังกฤษของนักเรียนระดับชั้นเกรด 10 ในโรงเรียนรัฐบาล ในเขต Bethlehem ประเทศปาเลสไตน์ โดยทดลองกับนักเรียนระดับชั้นเกรด 10 ในปี การศึกษา 2015–2016 กลุ่มนักเรียนจำนวน 139 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 61 คน และนักเรียนหญิง 78 คน นักเรียนจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองจะรับการเรียนรู้ด้วยกลวิธี SQP2RS ผ่านการเขียนเพื่อการเรียนรู้ ในขณะที่กลุ่มควบคุมจะได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการเดิม ผู้วิจัยใช้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการอ่านจับใจความที่มีความตรงและความเชื่อมั่น งานวิจัยใช้เวลาดำเนินการ 3 เดือน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ดังกล่าวทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยหลังการเรียนรู้ของ

กลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ต่างมีเพศกันแตกต่างอย่างไม่มีมีนัยสำคัญทางสถิติของ

2) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดาราวิทยาลัยที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญโดยใช้กลวิธี SQP2RS โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.77, S.D. = 0.39) แสดงให้เห็นว่า SQP2RS ช่วยให้นักเรียนมีความสนุกสนานและเข้าใจเนื้อหาการอ่านได้ดีขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้มีลักษณะที่กระตุ้นความคิดและความสนใจของนักเรียน จึงทำให้พวกเขารู้สึกพึงพอใจและ มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้การใช้เทคนิคที่หลากหลาย เช่น การตั้งคำถาม การคาดคะเนคำตอบ และการสรุปผลการอ่าน ช่วยให้นักเรียนรู้สึกว่าเนื้อหามีความหมายและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทักษะการอ่านและการคิดอย่างมีเหตุผล และเนื่องจากการใช้กลวิธี SQP2RS ในการจัดการเรียนรู้เรื่องการอ่านจับใจความสำคัญช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนและสร้างความสนุกสนานในการเรียนการสอน โดยการใช้กลวิธีนี้ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการตั้งคำถามและการคาดเดาคำตอบก่อนที่จะอ่าน ซึ่งทำให้พวกเขามีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้ นักเรียนยังได้ฝึกการสรุปข้อมูลและตอบคำถามที่ท้าทาย ซึ่งกระตุ้นให้พวกเขาใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลและสร้างการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่องการอ่านจับใจความสำคัญโดยใช้กลวิธี SQP2RS สอดคล้องกับการอธิบายของ พิสุทธา อารีราษฎร์ (2550) ที่กล่าวว่า ความพึงพอใจหมายถึงความรู้สึกผูกพันและเชื่อมโยงกับกิจกรรมหรือสิ่งที่เราพึงพอใจ ซึ่งเป็นแรงจูงใจภายในที่กระตุ้นให้เราลงมือทำเพื่อบรรลุเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับสิ่งนั้น ๆ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สกุลรัตน์ เจริญอินทร์พรหม (2561, 73) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถการอ่านเชิงสังเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กลวิธี SQP2RS ร่วมกับแผนผังความคิด ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถการอ่านเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กลวิธี SQP2RS ร่วมกับแผนผังความคิดหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี SQP2RS ร่วมกับแผนผังความคิด ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และยังได้สอดคล้องกับ จุไรพร อินทรพานิชย์ (2556 : 65) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่องการอ่านจับใจความสำคัญจากสื่อสิ่งพิมพ์ภาษาอังกฤษ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนป่าเด็งวิทยา จังหวัดเพชรบุรี ผลการวิจัย พบว่าผลการวิจัยปรากฏว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่องการอ่านจับใจความสำคัญจากสื่อสิ่งพิมพ์ภาษาษาอังกฤษ มีประสิทธิภาพ 79.50/78.33 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 2) นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่องการอ่านจับใจความสำคัญจากสื่อสิ่งพิมพ์ภาษาอังกฤษ มีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนมีความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่ามีคุณภาพในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.30, S.D=0.58)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า SQP2RS ช่วยพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความสำคัญได้ดีในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ควรขยายการใช้กลวิธีนี้ไปยังระดับชั้นเรียนอื่น ๆ เช่น ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 เพื่อศึกษาผลกระทบและประสิทธิภาพของการใช้กลวิธีนี้ในกลุ่มนักเรียนที่มีวัยและระดับความสามารถในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

1.2 แม้ผลการวิจัยจะบ่งชี้ว่า SQP2RS ได้ผลดี แต่การเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนอาจมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความหลากหลายของนักเรียนในด้านความสามารถในการอ่านและพื้นฐานความรู้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนการสอนได้มากยิ่งขึ้น เช่น การใช้กิจกรรมที่มีความยืดหยุ่นให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม

1.3 การตั้งคำถามถือเป็นหัวใจของกลวิธี SQP2RS ซึ่งช่วยส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียน ควรส่งเสริมให้ครูฝึกทักษะการตั้งคำถามเพิ่มเติมในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การตั้งคำถามที่ท้าทายหรือคำถามที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนและทำให้การเรียนรู้มีความหมายและมีความลึกซึ้งยิ่งขึ้น

1.4 ควรพิจารณาการใช้เทคโนโลยี เช่น แพลตฟอร์มออนไลน์ แอปพลิเคชันหรือสื่อการเรียนรู้ดิจิทัลในกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้กลวิธี SQP2RS โดยการใช้เทคโนโลยีจะช่วยเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้และสร้างความน่าสนใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนมากขึ้น เช่น การใช้คลิปวิดีโอ เกมการศึกษา หรือกิจกรรมออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับการอ่านและตั้งคำถาม

1.5 การประเมินผลการเรียนรู้ควรมีการติดตามผลอย่างสม่ำเสมอเพื่อดูการพัฒนาและปรับปรุงกลวิธีการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนในระยะยาว การใช้การประเมินทั้งในรูปแบบทดสอบและการประเมินตามกระบวนการเรียนรู้ เช่น การสังเกตพฤติกรรมการตั้งคำถามของนักเรียน หรือการสรุปบทเรียน จะช่วยให้ครูสามารถปรับแผนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับความต้องการของนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะเพื่อทำวิจัยต่อไป

2.1 ควรทำการศึกษาผลของการใช้กลวิธี SQP2RS ในกลุ่มนักเรียนที่มีพื้นฐานการอ่านต่างกัน เช่น นักเรียนที่มีทักษะการอ่านสูงและนักเรียนที่มีทักษะการอ่านต่ำ เพื่อเปรียบเทียบว่า SQP2RS สามารถช่วยพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความในกลุ่มนักเรียนที่มีพื้นฐานการอ่านแตกต่างกันได้อย่างไร และสามารถปรับใช้กลวิธีนี้ให้เหมาะสมกับนักเรียนในระดับต่าง ๆ ได้อย่างไร

2.2 ควรศึกษาการใช้กลวิธี SQP2RS ในวิชาต่าง ๆ นอกเหนือจากวิชาภาษาไทย เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา หรือคณิตศาสตร์ เพื่อดูว่ากลวิธีนี้มีผลต่อการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความในวิชาอื่น ๆ อย่างไร การศึกษาในวิชาต่าง ๆ จะช่วยให้เข้าใจการประยุกต์ใช้ SQP2RS ในบริบทที่หลากหลายและประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน

2.3 การศึกษาผลการใช้ SQP2RS ร่วมกับเทคโนโลยีการศึกษา เช่น แพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ แอปพลิเคชันการศึกษา หรือสื่อดิจิทัลต่าง ๆ เพื่อดูว่าเทคโนโลยีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้กลวิธีนี้หรือไม่ และสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและเรียนรู้ได้ดีขึ้นอย่างไร

2.4 ควรศึกษาผลของการใช้ SQP2RS ในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (critical thinking) ของนักเรียน โดยเฉพาะการตั้งคำถามที่กระตุ้นให้คิดอย่างมีเหตุผล เช่น การตั้งคำถามในลักษณะ “ทำไม” และ “อย่างไร” เพื่อดูว่ากลวิธีนี้สามารถช่วยเสริมสร้างทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ให้กับนักเรียนได้ดีขึ้นหรือไม่

2.5 ควรทำการศึกษาผลการใช้ SQP2RS ในระยะยาว เพื่อดูว่าเมื่อใช้กลวิธีนี้ต่อเนื่องเป็นเวลานานจะส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความในระยะยาวอย่างไร และนักเรียนสามารถรักษาผลสัมฤทธิ์ในการอ่านจับใจความได้ดีในอนาคตหรือไม่ การศึกษานี้จะช่วยให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ยั่งยืนของกลวิธี SQP2RS ในการส่งเสริมการเรียนรู้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณายิ่งจากรองศาสตราจารย์สนิท สัตโยภาส และอาจารย์ ดร.ศศิธร อินตุ่น ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำและแนะแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัยตลอดจนแก้ไขงานวิจัยเล่มนี้อย่างละเอียดมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ ว่าที่ร้อยตรีเสถียร ทามัง ผู้อำนวยการชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเทศบาลวัดเชียงยืน นางกิ่งดาว จองปุ๊ก ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) กลุ่มสาระวิชาภาษาไทย โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย นางสาวณัฐชาดา สุภามูล ครูชำนาญการ (คศ.3) กลุ่มสาระวิชาภาษาไทย โรงเรียนบ้านสันกำแพง ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนดาราวิทยาลัย คณะครูโรงเรียนดาราวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนดาราวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กฤตพร ประจันตะเสน. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามกลวิธี SQP2RS ร่วมกับหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างความสามารถด้านการอ่านจับใจความสำคัญสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. การค้นคว้าอิสระ หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จุไรพร อินทรพานิชย์ (2556) การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่อง การอ่านจับใจความสำคัญจากสื่อสิ่งพิมพ์ภาษาอังกฤษ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนป่าเด็งวิทยา จังหวัดเพชรบุรี. การศึกษาค้นคว้าอิสระ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาเทคโนโลยีและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธนวิทย์ กวินธนเจริญ และอธิกมาส มากจุ้ย. (2564). การพัฒนาความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณและการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสาร มจร. พุทธปัญญาปริทรรศน์, 6(2), 1–15.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ปรีชา ช้างขวัญยืน. (2560). ปรีชาวิทรรศน์ : มุมมองภาษาไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิสุทธา อารีราษฎร์. (2550). การพัฒนาซอฟท์แวร์ทางการศึกษา. มหาสารคาม : อภิชาตการพิมพ์.

สกุลรัตน์ เจริญอินทร์พรหม. (2561). การพัฒนาความสามารถการอ่านเชิงสังเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กลวิธี SQP2RS ร่วมกับแผนผังความคิด.วิทยานิพนธ์ การศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาไทย ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สิริพงษ์ กาละพงษ์. (2562). ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการสอนอ่านแบบ SQP2RS เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุนันทา กินรีวงศ์. (2563). การจัดการเรียนรู้แบบเครือข่ายโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อสุขภาวะเด็กและเยาวชน. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 14(1), มกราคม – เมษายน 2563.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). ผลการทดสอบระดับชาติ (National Test หรือ NT). กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

Delaney, N. M. (2002). The effect of training on comprehension of implicit and explicit information in familiar and unfamiliar expository tests. Dissertation Abstracts International, *111*, A.

Echevarría, J., Vogt, M., & Short, D. J. (2010). Making content comprehensible for English learners: The SIOP® model (4th ed.). Pearson.

Fortes, M. (2001). Reading comprehension strategies of two fifth–grade bilingual Latino readers. Dissertation Abstracts International, *62*(3), 883–A.

Hattie, J. (2009). Visible learning: A meta–analysis of teaching and learning effects. Routledge.

Kamalia, K. (2016). Improving reading comprehension using the survey, question, predict, read, respond, summarize (SQP2RS) strategy. English Education Journal, *7*(4), 549–564.

Qabaja, Z. M. M., Nafi, J. S. I., & Abu–Nimah, M. I. K. (2016). The effect of using the "SQP2RS via WTL" strategy through science context to 10th graders' reading comprehension in English in Palestine. Journal of Education and Practice, *7*(26), 137–151.

การศึกษาประวัติ ผลงาน และกระบวนการถ่ายทอดความรู้กีตาร์แจ๊สเบื้องต้นของ อิทธิกร คามาโช

A study of the history, works, and knowledge transfer process of basic jazz guitar instruction by Itthikorn Camacho

จิราวัฒน์ วนิชศิริ[1*] วราภรณ์ เชิดชู[1] และ วิชญ์ บุญรอด[1]

Jirawat Wanitsiri[1*], Waraporn Cherdchoo[1] and Vich Boonrod[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ภูมิหลังประสบการณ์ชีวิตและผลงานของอาจารย์อิทธิกร คามาโช ที่ส่งผลต่อกระบวนการถ่ายทอดการปฏิบัติกีตาร์แจ๊สเบื้องต้น โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลอย่างลึกซึ้ง ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ บันทึกเสียง และผู้วิจัยได้เข้าร่วมลงมือปฏิบัติในชั้นเรียนโดยผู้วิจัยได้เรียนกับอาจารย์อิทธิกร คามาโช จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาจัดหมวดหมู่และใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อสรุปผลการวิจัยและตอบวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างครบถ้วน

ผลการวิจัยพบว่า อาจารย์อิทธิกร คามาโช หรืออาจารย์บอย เป็นบุคคลที่มีบุคลิกเรียบร้อย สุขุม และมีความเป็นกันเองสูง ท่านชื่นชอบและฝึกฝนการเล่นกีตาร์ตั้งแต่วัยเด็ก และได้เข้าร่วมงานในค่ายเพลงรวมถึงเป็นนักประพันธ์เพลงและเรียบเรียงเสียงประสานในบทเพลงต่าง ๆ ท่านได้ดำรงตำแหน่งอาจารย์ที่วิทยาลัยนาฏศิลปสุโขทัย และใช้ความรู้ความสามารถมาถ่ายทอดแก่ลูกศิษย์ ปัจจุบันท่านได้เกษียณอายุราชการและกลับภูมิลำเนา

จากการศึกษาปฏิบัติกีตาร์แจ๊สเบื้องต้นกับอาจารย์อิทธิกร คามาโช เป็นเวลา 5 ครั้ง ผู้วิจัยพบว่าการมีพื้นฐานที่ดีและถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ซึ่งรวมถึงการฝึกสเกลและการวางนิ้วบนคอกีตาร์ในรูปแบบ 5 รูปแบบ 12 คีย์ การใช้เวลาฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ รวมถึงความรู้เรื่องคอร์ด (Chord) สเกล (Scale) และอาเพจจิโอ (Arpeggio) ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการต่อยอดและพัฒนาการเล่นกีตาร์ให้สมบูรณ์

คำสำคัญ: กีตาร์แจ๊ส, อิทธิกร คามาโช, ดนตรีแจ๊ส

[1] หลักสูตรดุริยางคศาสตรมหาบัณฑิต คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Master of Music Program, Faculty of Humanities, Naresuan University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author: Jirawatwa64@nu.ac.th

Abstract

This study utilizes qualitative research methodology with the objective of analyzing the background, life experiences, and works of Mr. Itthikorn Camacho, which have influenced his process of transmitting basic jazz guitar performance knowledge. The researcher collected in-depth data through interviews, sound recording, and participant observation, whereby the researcher took lessons directly from Mr. Itthikorn Camacho. The collected data was then categorized and analyzed using a qualitative process to fully summarize the research findings and address the established objectives.

The research findings indicate that Mr. Itthikorn Camacho, or Ajan Boy, possesses a highly polite, composed, and friendly personality. He developed a passion for and practiced playing the guitar since childhood, later working in music production companies as a composer and orchestrator for various songs. He served as a lecturer at Bunditpatanasilpa Institute, College of Dramatic Arts, Sukhothai, utilizing his knowledge and skills to teach his students. He has since retired and returned to his hometown.

Through five sessions of studying basic jazz guitar performance with Mr. Itthikorn Camacho, the researcher found that establishing a good and correct foundation is paramount. This foundation includes practicing scales and finger placement on the guitar neck using the five pattern system across all 12 keys, dedicating time to practice for proficiency, as well as a strong knowledge of Chords, Scales, and Arpeggios. These elements are considered crucial factors for further development and achieving completeness in guitar playing.

Keywords: Guitar Jazz, Ittikorn camacho, Jazz Music

บทนำ

ดนตรีแจ๊ส (Jazz) ถือกำเนิดขึ้นในช่วงประมาณปี ค.ศ. 1900 และเริ่มมีการใช้คำว่า "Jazz" อย่างแพร่หลายในปี ค.ศ. 1917 โดยมีรากฐานการพัฒนาในเมืองนิวออร์ลีนส์ ทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นศูนย์รวมของชาวอเมริกัน เชื้อสายแอฟริกันจำนวนมาก แจ๊สได้รับอิทธิพลหลักจากดนตรี 3 แนว ได้แก่ เพลงกอสเปล (Gospel), แร็กไทม์ (Ragtime) และบลูส์ (Blues) ซึ่งล้วนเป็นดนตรีของกลุ่มชาติพันธุ์ผิวดำ โดยมีลักษณะเด่นคือการใช้ประโยคเพลงแบบโต้ตอบ (Call and Response) อันเป็นเอกลักษณ์ที่สืบทอดมาจากเพลงสวดของพวกเขา จากรากฐานดังกล่าว ดนตรีแจ๊สได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องและแตกแขนงออกไปเป็นสไตล์ต่าง ๆ ตามยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น สวิง (Swing), บีบอบ (Bebop), คูลแจ๊ส (Cool Jazz) และฟิวชั่นแจ๊ส (Fusion Jazz) จนกลายเป็นดนตรีที่ซับซ้อนและมีอิทธิพลไปทั่วโลก (กมลธรรม เกื้อบุตร, 2564)

ประเทศไทยมีความนิยมการฟังดนตรีแจ๊ส สามารถพบเห็นได้จากการจัดเทศกาลและการจัดการแสดงดนตรีแจ๊สซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำ โดยมีศิลปินนักดนตรีที่มีชื่อเสียงระดับโลกเดินทางมาร่วมแสดงนอกจากนี้ นักดนตรีหลายท่านในประเทศไทยได้สร้างชื่อเสียงในวงการดนตรีแจ๊สระดับโลกเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เยาวชนรุ่นใหม่หันมาสนใจในการฟังและศึกษาดนตรีแจ๊สมากขึ้น เพื่อพัฒนาตนเองสู่ความเป็นนักดนตรีอาชีพ ในด้านการศึกษาดนตรีแจ๊สในประเทศไทยสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาหลายแห่งได้จัดหลักสูตรดนตรีแจ๊สขึ้นโดยเฉพาะในระดับปริญญาบัณฑิต เพื่อมุ่งพัฒนาบัณฑิตให้มีความเชี่ยวชาญในการแสดงดนตรีแจ๊ส (ปองภพ สุกิตติวงศ์, 2557)

แจ๊สเป็นดนตรีที่ไม่มีกฎเกณฑ์ทั้งด้านการบรรเลงและด้านทฤษฎี เนื่องจากเป็นดนตรีที่กำเนิดจากอารมณ์และความรู้สึกของทาสชาวแอฟริกันอเมริกัน ต่อมาดนตรีแจ๊สค่อย ๆ ได้รับการพัฒนาขึ้น โดยการรับองค์ความรู้ทางทฤษฎีดนตรีและเครื่องดนตรีต่าง ๆ ของดนตรีตะวันตกเข้ามาผสมผสานนอย่างกลมกลืน ส่งผลให้ดนตรีแจ๊สเริ่มมีระเบียบแบบแผนมากยิ่งขึ้นเรื่อย ๆ สามารถสรุปได้ว่าดนตรีแจ๊สมีองค์ประกอบทั้งหมด 5 อย่างคือ 1)การอิมโพรไวส์สำหรับดนตรีแจ๊ส จัดว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดของดนตรีแจ๊ส 2)จังหวะในดนตรีแจ๊ส มีเอกลักษณ์โดดเด่นที่นิยมบรรเลงจังหวะขัดอยู่เสมอ 3)สำเนียงดนตรีแจ๊ส เป็นองค์ประกอบที่ทำให้ดนตรีแจ๊สมีเสน่ห์แตกต่างจากดนตรีประเภทอื่น 4)สียงประสานดนตรีแจ๊ส เป็นเรื่องที่ดนตรีแจ๊สมีเสน่ห์องค์ความรู้ด้านเสียงประสานของดนตรีตะวันตกนำมาประยุกต์ให้เหมาะสมกับดนตรีแจ๊ส และ 5)สังคีตลักษณ์และโครงสร้างของดนตรีแจ๊ส สำหรับบทเพลงแจ๊สจะมีสังคีตลักษณ์ที่ไม่ซับซ้อน เพื่อให้ผู้บรรเลงสามารถสร้างทำนองการอิมโพรไวส์ได้อย่างอิสระ (ธีรัช เลาห์วีระพานิช, 2562)

อาจารย์อิทธิกร คามาโช เป็นผู้มีความรู้ความสามารถในการปฏิบัติกีตาร์แจ๊ส ได้รับหน้าที่ให้เป็นอาจารย์พิเศษวิชาปฏิบัติกีต้าร์แจ๊ส มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อีกทั้งยังได้รับเกียรติเป็นวิทยากรพิเศษอบรมเชิงปฏิบัติการดนตรีแจ๊ส บลูส์ ร็อค อีกทั้งได้บรรยายประวัติดนตรีบลูส์ และแจ๊สให้กับโรงเรียนอีกหลายแห่ง ปัจจุบันท่านเป็นอาจารย์ประจำรายวิชาปฏิบัติกีต้าร์แจ๊ส ภาควิชาดุริยางค์ สาขาวิชาดนตรี สากลวิทยาลัยนาฏศิลปสุโขทัย สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลปกระทรวงวัฒนธรรม อาจารย์อิทธิกร คามาโช ได้เริ่มเข้าสู่วงการดนตรี โดยการเป็นผู้ประพันธ์บทเพลงของศิลปินหลายท่าน อาทิ ธงชัย แม็คอินไตย บิลลี่ โอแกน แมวจิรศักดิ์ ปานพุ่ม มาช่า วัฒนาพานิช ปนัดดา เรืองวุฒิ สล็อท แมชีน ปาล์มมี่ พงษ์สิทธิ์ คัมภีร์ เอกชัย ศรีวิไชย ไชยา มิตรชัย มนต์สิทธิ์ คำสร้อย เป็นต้น และได้รับเกียรติให้ร่วมแสดงดนตรีกับศิลปินและนักดนตรีระดับชั้นนำของประเทศไทย เช่น เศกพล อุ่นสำราญ เล็ก ทีโบ และยังเคยเป็นสมาชิกวงดนตรีแจ๊สร่วมสมัย R.T.E. (The Road to Eternity) อีกทั้งยังได้รับการเข้าชิงรางวัลโปรดิวเซอร์ยอดเยี่ยม รางวัลสีสันอวอร์ดจากอัลบั้ม KARN ศิลปิน กาน วีรวรรณ หุยนันท์ สังกัดค่ายเพลง แมด แคทซ์ เครือ GMM แกรมมี่ จำกัด มหาชน และส่งผลให้ศิลปิน กาน วีรวรรณ หุยนันท์ ได้รับรางวัลศิลปินยอดเยี่ยมในงานเดียวกัน เป็นที่รู้จักทั้งในระดับประเทศและระดับเอเชีย

ด้วยอาจารย์อิทธิกร คามาโช เป็นครูที่ถึงพร้อมด้วยจิตวิญญาณความเป็นครูประกอบกับมีผลงานเป็นที่ประจักษ์ในวงการดนตรีแจ๊ส ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการบรรเลงบทเพลงแจ๊สและการถ่ายทอดการปฏิบัติกีตาร์แจ๊สของอาจารย์อิทธิกร คามาโช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการบรรเลงกีต้าร์แจ๊สเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางฝึกปฏิบัติกีตาร์แจ๊สของอาจารย์อิทธิกร คามาโช เพื่อนำไปเป็นแนวทางการปฏิบัติและสืบทอดผลงานต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาประวัติและผลงานของอาจารย์อิทธิกร คามาโช
2. ศึกษากระบวนการถ่ายทอดกีต้าร์แจ๊สเบื้องต้นของอาจารย์อิทธิกร คามาโช

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาทักษะและความสามารถขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับกีตาร์แจ๊ส งานวิจัยนี้มีขอบเขตในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ อาจารย์อิทธิกร คามาโช ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

- ประวัติ ศึกษาประวัติความเป็นมาและภูมิหลังของอาจารย์อิทธิกร คามาโช
- การบรรเลงกีต้าร์เบื้องต้น ศึกษาเทคนิคการบรรเลงและลักษณะการเล่นดนตรีในขั้นพื้นฐานของท่าน
- ผลงาน ศึกษาและรวบรวมผลงานเพลงที่ท่านประพันธ์

2. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

• งานวิจัยนี้จะเจาะลึกไปที่ตัวตน ประวัติการเล่นดนตรี และที่มาที่ไปของงานเพลงที่อาจารย์อิทธิกร คามาโช สร้างสรรค์ขึ้นมา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ทำการศึกษา สัมภาษณ์ข้อมูลจากอาจารย์อิทธิกร คามาโช โดยตรง ด้วยการต่อเพลงกับอาจารย์ครั้งละ 1-2 ชั่วโมงพร้อมทั้งเก็บข้อมูลและบันทึก

2. ศึกษาเพิ่มเติมจากบุคคลใกล้ชิดหรือบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องในเรื่องของประวัติและผลงานของอาจารย์โดยการสัมภาษณ์

3. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลตามกระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

1. แนวคำถามในการสัมภาษณ์

1.1 แนวคำถามเกี่ยวกับภูมิหลังและประสบการณ์ชีวิตของอาจารย์อิทธิกร คามาโช

1.2 แนวคำถามเกี่ยวกับกระบวนการที่ใช้ในการถ่ายทอดการบรรเลงกีตาร์แจ๊สเบื้องต้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องบันทึกเสียง คอมพิวเตอร์สำหรับเขียนรายงาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในหลายรูปแบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การจัดหมวดหมู่ข้อมูล นำข้อมูลที่รวบรวมจาก เอกสาร, งานวิจัย, และบทความ ที่เกี่ยวข้องกับประวัติและผลงานของอาจารย์อิทธิกร คามาโช มาจัดหมวดหมู่และตีความเพื่อหาความเชื่อมโยง

2. การวิเคราะห์สื่อบันทึกเสียง วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากเทปบันทึกเสียงและเทปบันทึกภาพ ที่บันทึกเกี่ยวกับการถ่ายทอดดนตรีของอาจารย์อิทธิกร คามาโช

3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ วิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกจากอาจารย์อิทธิกร คามาโช เพื่อทำความเข้าใจกระบวนการถ่ายทอดดนตรีของท่าน

สรุปผลการวิจัย

1. ประวัติของท่านอาจารย์อิทธิกร คามาโช



ภาพที่ 1 อาจารย์อิทธิกร คามาโช
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2565

1.1 ชีวประวัติของอาจารย์อิทธิกร คามาโช

อาจารย์อิทธิกร คามาโช ชื่อเล่น บอย เกิดเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ.2507 อายุ 61 ปี ภูมิลำเนาเกิดที่จังหวัด กรุงเทพฯ ท่านมีภรรยา ชื่อนางสาวภัคภร กุญชร ณ อยุธยา และมีบุตรสาว ชื่อนางสาวอาศเลษา คามาโช ประวัติการทำงานท่านเป็นนักกีต้าร์ นักแต่งเพลงและเรียบเรียงเสียงประสาน โปรดิวเซอร์งานดนตรี ศิลปินวงแจ๊สร่วมสมัย R.T.E. (The Road to Etenity) และยังเป็นศิลปินอิสระที่ทำงานอยู่ทั้งเบื้องหน้าแบะเบื้องหลังของศิลปินมากมาย ท่านได้รับราชการเป็นข้าราชการและบุคลากรทางการศึกษา ในตำแหน่งอาจารย์ (ดนตรี) สังกัดวิทยาลัยนาฏศิลปสุโขทัย สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม ที่อยู่ปัจจุบัน 4/43 หมู่5 ถนนจรดวิถีถ่อง ตำบลบ้านกล้วย อำเภอเมืองสุโขทัย สุโขทัย 64000 ปัจจุบันท่านได้เกษียณอายุราชการ



ภาพที่ 2 อาจารย์อิทธิกร คามาโช
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2565

1.2 ประวัติการศึกษา

อาจารย์อิทธิกร คามาโช หรือ อาจารย์บอยท่านได้เริ่มเข้าศึกษาระดับอนุบาลและประถมต้นที่โรงเรียนพระแม่มารีสาธุประดิษฐ์ กรุงเทพ ฯ ระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง จังหวัดลำปาง ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนสันติวิทยาเชียงราย จังหวัดเชียงรายกับโรงเรียนอารีย์ผดุงวิทย์ จังหวัดกรุงเทพ ฯ และจบระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)ที่โรงเรียนกนกเทคโนโลยี กรุงเทพ ฯ ต่อมาในปี พ.ศ. 2543 อาจารย์อิทธิกร คามาโช ได้เริ่มศึกษาระดับอุดมศึกษาที่มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา โดยเลือกศึกษา อนุปริญญาศิลปศาสตร์ (อ.ศศ) สาขาวิชาดนตรีสากล คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ต่อมาในปี พ.ศ. 2546 ได้เริ่มศึกษาต่อในคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ครุศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาวิชาดนตรีศึกษา (ดนตรีสากล) และได้เข้ารับการอบรมวิชาผู้กำกับลูกเสือสามัญขั้นความรู้เบื้องต้น ณ ค่ายหลวงบ้านไร่ อ.โพธาราม จ.ราชบุรี เมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2546 ต่อมาในปี พ.ศ.2557 ได้เข้าศึกษาในคณะเดียวกันโดยศึกษาในสาขาวิชาดนตรี (การบริหารดนตรี) ศิลปศาสตร์มหาบัณฑิต (ศศ.ม) มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา อีทั้งยังได้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ Jazz Guitar กับ Mr. John Mclaughlin (ศิลปินระดับตำนานของโลกสาขาแจ๊ส เจ้าของรางวัล Grammy Award Winner ปี 1972, 1973, 1996, 2001, 2008, 2009,2010,2017) อบรมเชิงปฏิบัติการ “การผลิตผลงานทางวิชาการเพื่อเผยแพร่ในระดับชาติและนานาชาติ” โดยคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ระหว่างวันที่ 31กรกฎาคม – 1 สิงหาคม 2560



ภาพที่ 3 อาจารย์อิทธิกร คามาโช ถ่ายในขณะศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)
ที่โรงเรียนกนกเทคโนโลยี กรุงเทพ ฯ
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2565

1.3 ประวัติการทำงานด้านวิชาการดนตรี

ในปีพ.ศ.2538-2543 ได้รับหน้าที่เป็นครูพิเศษประจำภาควิชากีต้าร์ไฟฟ้าโรงเรียนดนตรีศศิลิยะอาจารย์พิเศษวิชาปฏิบัติกีต้าร์แจ๊ส ภาควิชาดนตรีสากล คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาในปี พ.ศ.2550 วิทยากรอบรมเชิงปฏิบัติการดนตรีแจ๊ส คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เมื่อวันที่ 5 กันยายน 2550 ปัจจุบันอาจารย์ได้เป็นที่ปรึกษาและแปลบทความทางวิชาการดนตรี

นิตยาสาร The Guitarist ฉบับภาษาไทยและได้รับเกียรติให้เป็นกรรมการตัดสินการประกวดวงดนตรี พระนครคีรี Music Challenge 2018 ในงานพระนครคีรี ครั้งที่ 32 ประจำปี 2561 ณ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี ระหว่างวันที่ 10 –12 กุมภาพันธ์ 2561

1.4 ผลงานทางด้านวิชาการ

ตีพิมพ์และเผยแพร่งานวิทยานิพนธ์เรื่อง Music Production of Songsmith Company Limited ในงานสัมมนาวิชาการนานาชาติ International Conference on Arts & Cultures in Creative Economy ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ระหว่างวันที่ 1 – 2 มิถุนายน 2557

ตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิชาการเรื่อง American Music from Blues to Jazz Blues ในงานประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2562 NIC–HUSOC II: 2nd National and International Conference on Humanities and Social Sciences 2019 under the theme “Achievement of Sustainable Development Goals (SDGs): Challenges for Humanities and Social Sciences in the Digital Age” ณ เมืองมัณฑะเลย์ สหภาพเมียนมาร์ ระหว่างวันที่ 4 – 7 กันยายน 2562

ตีพิมพ์และเผยแพร่งานการวิจัยสร้างสรรค์ "ตับเพลงชุดอัปสรสราญบนเส้นเสียงแจ๊สผสานลีลาเสนาะ" Creative Research of The Apsornsaran Music Series on Jazz Merge Style ในวารสารวิชาการ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ Vol. 9 No. 1 (2565): January–June 2022 หน้า 193–209



ภาพที่ 4 อาจารย์อิทธิกร คามาโช
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2565

1.5 ประวัติการทำงานด้านอาชีพดนตรี

อาจารย์อิทธิกร คามาโช ได้เริ่มเข้าสู่วงการดนตรี โดยการเป็นผู้ประพันธ์บทเพลงของศิลปินหลายท่าน อาทิ ธงชัย แม็คอินไตย บิลลี่ โอแกน แมวจิรศักดิ์ ปานพุ่ม มาช่า วัฒนาพานิช ปนัดดา เรืองวุฒิ สล็อท แมชีน ปาล์มมี่ พงษ์สิทธิ์ คัมภีร์ เอกชัย ศรีวิไชย ไชยา มิตรชัย มนต์สิทธิ์ คำสร้อย เป็นต้น และได้รับเกียรติให้ร่วมแสดงดนตรีกับศิลปินและนักดนตรีระดับชั้นนำของประเทศไทย เช่น เศกพล อุ่นสำราญ เล็ก ทีโบ และยังเคยเป็นสมาชิกวงดนตรีแจ๊สร่วมสมัย R.T.E. (The Road to Eternity) อีกทั้งยังได้รับการเข้าชิงรางวัลโปรดิวเซอร์ยอดเยี่ยม รางวัล

สีสันอวอร์ดจากอัลบั้ม KARN ศิลปิน กาน วีรวรรณ หุยนันท์ สังกัดค่ายเพลง แมด แคทซ์ เครือ GMM แกรมมี่ จำกัด มหาชน และส่งผลให้ศิลปิน กาน วีรวรรณ หุยนันท์ ได้รับรางวัลศิลปินยอดเยี่ยมในงานเดียวกัน เป็นที่รู้จักทั้งในระดับประเทศและระดับเอเชีย



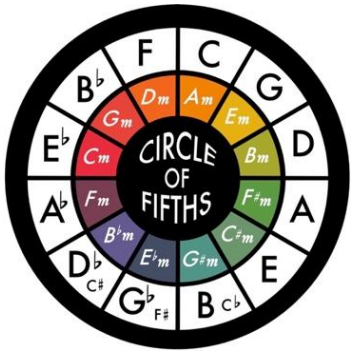
ภาพที่ 5 อาจารย์อิทธิกร คามาโช ถ่ายขณะที่กำลังอัดรายการเพลง
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2565



ภาพที่ 6 อาจารย์อิทธิกร คามาโช ถ่ายขณะที่บรรเลงดนตรี ณ ร้าน saxophones jazz
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2565

2. องค์ความรู้การบรรเลงกีตาร์แจ๊สเบื้องต้น

จากการที่ผู้วิจัยได้เข้าศึกษาในวิชาปฏิบัติกีตาร์แจ๊สเบื้องต้นเป็นระยะเวลา 5 ครั้ง ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาปฏิบัติกีตาร์แจ๊สเบื้องต้นโดยผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการวางนิ้ว 5 รูปแบบ ใน 12 คีย์ ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นพื้นฐานในการปฏิบัติกีตาร์แจ๊สขั้นพื้นฐานสำหรับผู้ที่เริ่มเรียน โดยได้รับการถ่ายทอดมาจากอาจารย์อิทธิกร คามาโช เป็นผู้ให้ความรู้โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาดังนี้



ภาพที่ 7 วงจรคู่ 5 (Circle of Fifths)

เป็นการเล่นในสเกล(Scale) ที่มีระยะห่างคู่ 4 ทวนเข็มนาฬิกาของวงจรคู่ 5 เช่น ผู้เล่นเริ่มจากตัวคีย์ G ตัวต่อไปผู้เล่นจะต้องเริ่มคีย์ C และตัวต่อไปจะเป็นคีย์ F ตามลำดับภาพโดยวนทวนเข็มนาฬิกาให้ครบในแต่ละรูปแบบ โดยจะมีการวางรูปแบบนิ้วใน 5 รูปแบบ

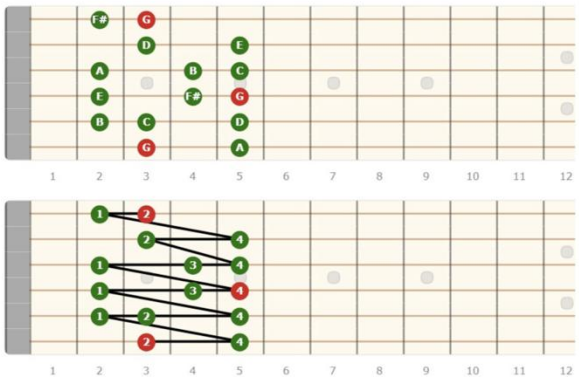
รูปแบบการวางนิ้ว 5 รูปแบบ

เลขที่	นิ้ว
1	นิ้วชี้
2	นิ้วกลาง
3	นิ้วนาง
4	นิ้วก้อย

1 เซมิโทน เท่ากับครึ่งเสียง เช่น C 1 เซมิโทนคือเสียง C# เป็นต้น

รูปแบบที่ 1

รูปแบบที่ 1 สเกล G 2 อ็อคเตป โดยเริ่มจากโน้ตตัว G บนสายที่ 6 เฟร็ตที่ 3 ตามภาพ

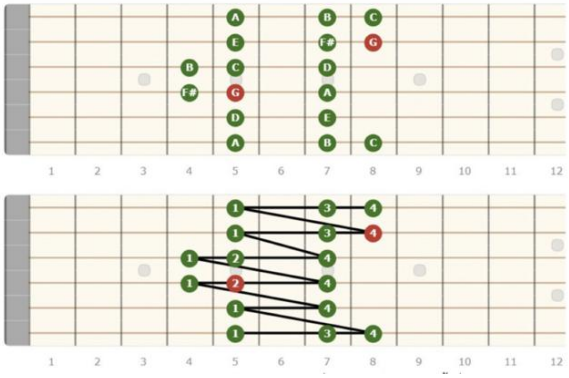


ภาพที่ 8 การฝึกสเกลรูปแบบที่ 1

ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2565

โดยที่ผู้เล่นจะเริ่มจากตัว G บนสายที่ 6 โดยเริ่มจากนิ้วที่ 2 คือนิ้วกลาง ตัวต่อไปคือเสียง A โดยใช้นิ้วก้อย และไล่ระดับลงมาจากสาย 6 เป็นสายที่ 5 ตามภาพ คือเสียง B โดยการใช้นิ้วชี้ เสียง C ใช้นิ้วกลาง และเสียง D ใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาสายที่ 4 เริ่มจากเสียง E โดยใช้นิ้วชี้ เสียง F# ใช้นิ้วนาง และเสียง G ใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาในสายที่ 3 เสียง A นิ้วชี้ เสียง B ใช้นิ้วนาง เสียง C ใช้นิ้วก้อย ลงมาสายที่ 2 เสียง D จะใช้นิ้วกลาง เสียง E จะใช้นิ้วก้อย และสายที่ 1 เสียง F จะใช้นิ้วชี้และเสียง G จะใช้นิ้วกลาง ผู้เล่นจะไล่ทั้งไปและกลับ จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าผู้เล่นจะไล่สเกลคีย์ G Major โดยจะติด 1 ชาร์ปคือตัว F# และผู้เล่นก็จะต้องเริ่มตัวถัดไปคือตัว C ตามวงจรคู่ 4

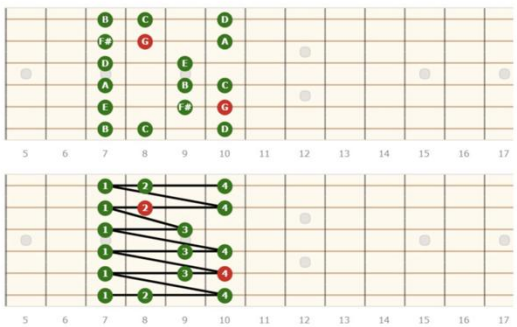
รูปแบบที่ 2 โดยเริ่มจากตัว G แต่ให้เริ่มเล่นที่ตัว A (จะมีการนับขึ้นไปจาก 1 เสียงที่เราเล่นหรือ 2 เซมิโทน)



ภาพที่ 9 การฝึกสเกลรูปแบบที่ 2
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2565

โดยที่ผู้เล่นจะเริ่มจากคีย์ G แต่จะเริ่มเสียง A บนสายที่ 6 โดยเริ่มจากนิ้วที่ 1 คือนิ้วชี้ ตัวต่อไปคือเสียง B โดยใช้นิ้วนาง เสียง C ใช้นิ้วก้อย และไล่ระดับลงมาจากสาย 6 เป็นสายที่ 5 ตามภาพ คือเสียง D โดยการใช้นิ้วชี้ เสียง E ใช้นิ้วกก้อย ต่อมาลงมาสายที่ 4 เริ่มจากเสียง F# โดยใช้นิ้วชี้ เสียง G ใช้นิ้วกลาง เสียง Aใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาในสายที่ 3 เสียง B ใช้นิ้วชี้ เสียง C ใช้นิ้วกลาง เสียง D ใช้นิ้วก้อย ลงมาสายที่ 2 เสียง E จะใช้นิ้วชี้ เสียง F# จะใช้นิ้วนาง เสียง G ใช้นิ้วก้อย และสายที่ 1 เสียง A จะใช้นิ้วชี้ เสียง B ใช้นิ้วนางและเสียง C จะใช้นิ้วก้อย ผู้เล่นจะไล่ทั้งไปและกลับ จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าผู้เล่นจะไล่สเกลคีย์ G Major โดยจะติด 1 ชาร์ปคือตัว F# แต่ผู้เล่นจะต้องเพิ่ม 2 เซมิโทน รวมเป็น 1 เสียงเต็ม คือเริ่มจากเสียง A และผู้เล่นก็จะต้องเริ่มตัวถัดไปคือตัว C แต่เริ่มเล่นคือตัว D ตามวงจรคู่ 4

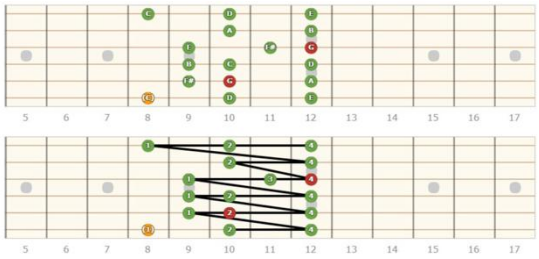
รูปแบบที่ 3 รูปแบบสเกล G Major 2 อ็อกเตป โดยจะเริ่มตัวแรกคือเสียง B บนสายที่ 6 เฟรตที่ 7



ภาพที่ 10 การฝึกสเกลรูปแบบที่ 3
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2565

โดยที่ผู้เล่นจะเริ่มจากคีย์ G แต่จะเริ่มเสียง B บนสายที่ 6 โดยเริ่มจากนิ้วที่ 1 คือนิ้วชี้ ตัวต่อไปคือเสียง C โดยใช้นิ้วกลาง เสียง D ใช้นิ้วก้อย และไล่ระดับลงมาจากสาย 6 เป็นสายที่ 5 ตามภาพ คือเสียง E โดยการใช้นิ้วชี้ เสียง F# ใช้นิ้วนาง เสียง G ใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาสายที่ 4 เริ่มจากเสียง A โดยใช้นิ้วชี้ เสียง B ใช้นิ้วนาง เสียง C ใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาในสายที่ 3 เสียง D ใช้นิ้วชี้ เสียง E ใช้นิ้วนาง ลงมาสายที่ 2 เสียง F# จะใช้นิ้วชี้ เสียง G จะใช้นิ้วกลาง เสียง A ใช้นิ้วก้อย และสายที่ 1 เสียง B จะใช้นิ้วชี้ เสียง C ใช้นิ้วกลางและเสียง D จะใช้นิ้วก้อย ผู้เล่นจะไล่ทั้งไปและกลับ จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าผู้เล่นจะไล่สเกลคีย์ G Major โดยจะติด 1 ชาร์ปคือตัว F# แต่ผู้เล่นจะต้องเพิ่ม 4 เซมิโทน รวมเป็น 2 เสียงเต็มคือเริ่มจากเสียง B และผู้เล่นก็จะต้องเริ่มตัวถัดไปคือตัว C แต่เริ่มเล่นคือตัว E ตามวงจรคู่ 4

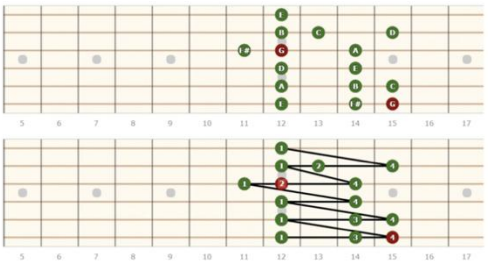
รูปแบบที่ 4 รูปแบบสเกล G Major 2 อ็อกเตป โดยจะเริ่มตัวแรกคือเสียง D บนสายที่ 6 เฟรตที่ 10



ภาพที่ 11 การฝึกสเกลรูปแบบที่ 4
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2565

โดยที่ผู้เล่นจะเริ่มจากคีย์ G แต่จะเริ่มเสียง D บนสายที่ 6 โดยเริ่มจากเสียง D คือนิ้วกลาง เสียง E โดยใช้นิ้วก้อย และไล่ระดับลงมาจากสาย 6 เป็นสายที่ 5 ตามภาพ คือเสียง F# โดยการใช้นิ้วชี้ เสียง G ใช้นิ้วกลาง เสียง A ใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาสายที่ 4 เริ่มจากเสียง B โดยใช้นิ้วชี้ เสียง C ใช้นิ้วกลาง เสียง D ใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาในสายที่ 3 เสียง E ใช้นิ้วชี้ เสียง F# ใช้นิ้วนาง เสียง G ใช้นิ้วก้อย ลงมาสายที่ 2 เสียง A ใช้นิ้วกลาง เสียง B จะใช้นิ้วก้อย และสายที่ 1 เสียง C จะใช้นิ้วชี้ เสียง D ใช้นิ้วกลางและเสียง E จะใช้นิ้วก้อย ผู้เล่นจะไล่ทั้งไปและกลับ จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าผู้เล่นจะไล่สเกลคีย์ G Major โดยจะติด 1 ชาร์ปคือตัว F# แต่ผู้เล่นจะต้องเพิ่ม 7 เซมิโทน คือ 3 เสียงครึ่ง คือเริ่มจากเสียง B และผู้เล่นก็จะต้องเริ่มตัวถัดไปคือตัว C แต่เริ่มเล่นคือตัว G ตามวงจรคู่ 4

รูปแบบที่ 5 รูปแบบสเกล G Major 2 อ็อกเตป โดยจะเริ่มตัวแรกคือเสียง E บนสายที่ 6 เฟรตที่ 12 เป็นตัวที่ 1



ภาพที่ 12 การฝึกสเกลรูปแบบที่ 5
ที่มา: อาจารย์อิทธิกร คามาโช มอบให้ ณ วันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2565

โดยที่ผู้เล่นจะเริ่มจากคีย์ G แต่จะเริ่มเสียง E บนสายที่ 6 โดยเริ่มจากเสียง E คือนิ้วชี้ เสียง F# โดยใช้นิ้วนาง เสียง G ใช้นิ้วก้อย และไล่ระดับลงมาจากสาย 6 เป็นสายที่ 5 ตามภาพ คือเสียง A โดยการใช้นิ้วชี้ เสียง B ใช้นิ้วนาง เสียง C ใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาสายที่ 4 เริ่มจากเสียง D โดยใช้นิ้วชี้ เสียง E ใช้นิ้วก้อย ต่อมาลงมาในสายที่ 3 เสียง F# ใช้นิ้วชี้ เสียง G ใช้นิ้วกลาง เสียง A ใช้นิ้วก้อย ลงมาสายที่ 2 เสียง B ใช้นิ้วชี้ เสียง C จะใช้นิ้วกลาง และ D คือนิ้วก้อย และสายที่ 1 เสียง E จะใช้นิ้วชี้ ผู้เล่นจะไล่ทั้งไปและกลับ จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าผู้เล่นจะไล่สเกลคีย์ G Major โดยจะติด 1 ชาร์ปคือตัว F# แต่ผู้เล่นจะต้องเพิ่ม 9 เซมิโทน รวมเป็น 4 เสียงครึ่ง คือเริ่มจากเสียง B และผู้เล่นก็จะต้องเริ่มตัวถัดไปคือตัว C แต่เริ่มเล่นคือตัว A ตามวงจรคู่ 4

สรุปผลจากที่ผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษาการบรรเลงกีตาร์แจ๊สเบื้องต้นกับอาจารย์อิทธิกร คามาโช เป็นระยะเวลา 5 ครั้ง อาจารย์อิทธิกร คามาโช แนะนำการบรรเลงกีต้าร์เบื้องต้นโดยผู้วิจัยได้เริ่มเรียนจากการไล่สเกล 5 แบบตามรูปภาพที่กำหนด โดยการไล่สเกลขั้นพื้นฐานนั้น ผู้วิจัยได้เริ่มไล่สเกลจากรูปแบบที่ 1 โดยใช้การไล่สเกลแบบ วงจรคู่ 5 (Circle of Fifths) โดยการไล่สเกลนั้นจะวนทวนเข็มนาฬิกา วงจรคู่ 4 (Circle of fourths) โดยเริ่มจาก G C F Bb Eb Ab Db/C# Gb/F# B/Cb E A D ให้ครบทุก 5 รูปแบบ อาจารย์อิทธิกร ยังกล่าวเสริมอีกว่าการที่ผู้เรียนจะเริ่มเรียนสิ่งใดนั้นจะต้องเริ่มจากพื้นฐานที่ดีและมั่งคงจะต้องฝึกให้คล่องแคล่วโดยการฝึกนี้ถือว่าเป็นพื้นฐานของการบรรเลงกีตาร์แจ๊สอีกด้วย

อภิปรายผล

จากการศึกษาในครั้งนี้โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาประวัติชีวิตและผลงาน รวมถึงวิธีการถ่ายทอดความรู้ทางด้านกีตาร์แจ๊สเบื้องต้นของอาจารย์อิทธิกร คามาโช ตลอดระยะเวลาในการเรียนรู้ผู้วิจัยจะอธิบายเป็นเชิงพรรณนาตามประเด็นต่อไปนี้

อาจารย์อิทธิกร คามาโช หรืออาจารย์บอย เป็นบุคคลที่มีบุคลิกเรียบร้อย สุขุม และมีความเป็นกันเอง โดยไม่ถือตัว มีความเป็นครูและศิลปินค่อนข้างสูง มีจิตใจที่เมตตาแก่ลูกศิษย์ เป็นคนที่เข้าถึงได้ง่าย อาจารย์อิทธิกร คามาโช ภูมิลำเนาเกิดที่กรุงเทพ ฯ ชีวิตในวัยเด็กของอาจารย์ท่านได้ย้ายโรงเรียนอยู่เป็นประจำเนื่องจากต้องย้ายตามภูมิลำเนาตามครอบครัว ในช่วงวัยเด็กได้ใช้ชีวิตอยู่ที่จังหวัดกรุงเทพ ฯ จนถึงประถมต้นและได้ย้ายตามครอบครัวไปอยู่ที่จังหวัดลำปางเป็นเวลา 3 ปี จึงย้ายไปใช้ชีวิตที่จังหวัดเชียงรายอีก 2 ปี จึงได้ย้ายกลับมาเรียนที่กรุงเทพ ฯ ในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพในสายช่าง โดยท่านอาจารย์บอยได้ชื่นชอบในการเล่นกีตาร์และได้ฝึกฝนในการเล่นกีตาร์ เพื่อที่จะเข้าเรียนในระดับปริญญาที่หาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา อาจารย์บอยมีความรู้ความสามารถทางด้านกีตาร์จึงมีโอกาสได้ร่วมงานในค่ายเพลงและร่วมงานกับศิลปินอีกมากมายทั้งเบื้องหน้าและเบื้องหลัง เป็นนักประพันธ์เพลงและเรียบเรียงเสียงประสานในผลงานอีกมากมาย อีกทั้งอาจารย์ ได้รับเกียรติให้เป็นวิทยากรในด้านกีตาร์ ได้สอนในตำแหน่งอาจารย์ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในตำแหน่งกีตาร์แจ๊สได้ย้ายไปสอนที่ราชภัฏบุรีรัมย์ อีกทั้งอาจารย์อิทธิกร คามาโช ได้เข้าร่วมการอบรมสัมมนาเป็นวิทยากรและกรรมการตัดสินต่าง ๆ อีกทั้งยังได้รับเชิญให้เป็นผู้ปรับวงในการประกวดดนตรีต่าง ๆ เป็นที่รักของลูกศิษย์และผู้ร่วมงาน ปพิชญา เสียงประเสริฐ (2556) ได้กล่าวไว้ว่า การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนเก่ง ดี และเรียนรู้ดนตรีได้อย่างมีความสุขให้เก่งได้โดยใช้วิธีการสอนและสื่อที่หลากหลายและเหมาะสมกับผู้เรียนและฝึกให้ผู้เรียน มีกระบวนการคิดและถ่ายทอดได้ดี โดยการสอดแทรกมารยาทคุณธรรม คุณค่าของดนตรีและวัฒนธรรมให้มีความสุข โดยเน้นให้ผู้เรียนสนุก ผ่อนคลาย อบอุ่นและผูกพัน กับลูกศิษย์ อาจารย์อิทธิกร คามาโช ได้เข้ารับราชการในตำแหน่งอาจารย์ที่วิทยาลัยนาฏศิลปะสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย เป็นระยะเวลา 5 ปี ท่านได้ใช้ความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองได้รับนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน อีกทั้งอาจารย์ยังเป็นที่รักและเคารพแก่ลูกศิษย์เสมอมา ปัจจุบันท่านอาจารย์ได้

เกษียณอายุราชการและได้กลับภูมิลำเนา ท่านยังเล่นดนตรีให้กับศิลปินอีกมากมาย เช่น ธีร์ ไชยเดช วงนั่งเล่น และอีกหลาย ๆ วงดนตรีทั้งเบื้องหน้าและเบื้องหลัง

ในด้านความรู้ผู้วิจัยได้เลือกการปฏิบัติกีตาร์แจ๊สเบื้องต้นโดยการเข้าไปศึกษากับท่านอาจารย์อิทธิกร คามาโช เป็นเวลา 5 ครั้งนั้น ผู้วิจัยได้พบว่าการเรียนเครื่องดนตรีทุกชนิดจะต้องมีพื้นฐานที่แน่นและถูกต้อง ปองภพ สุกิตติวงศ์ (2556) ได้กล่าวไว้ว่าการสอนที่เริ่มต้นจากความคล่องแคล่ว และความละเอียดละออในการสร้างสรรค์ภายใต้กรอบพื้นฐานที่ผู้ฟังสามารถเข้าใจร่วมกันได้ ในช่วงท้ายยังสามารถสอดแทรกความเป็นต้นแบบ และความคิดนอกกรอบเพื่อทำให้มีความแปลกใหม่และน่าสนใจมากยิ่งขึ้น การปฏิบัติกีตาร์แจ๊สก็เช่นกันซึ่งผู้วิจัยได้ทำการฝึกสเกล การวางนิ้วบนคอกีตาร์ในรูปแบบ 5 รูปแบบ รูปแบบละ 12 คีย์ ที่ท่านอาจารย์บอยได้รวบรวมข้อมูลในการฝึกกีตาร์เบื้องต้น ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้เห็นว่าการปฏิบัติกีตาร์นั้น จะต้องใช้เวลาในการฝึกฝนเพื่อเกิดความชำนาญในการบรรเลง การใช้ปิ๊กกีตาร์ การดีดสาย การกดสาย และการวางนิ้วเป็นสิ่งที่สำคัญในการเริ่มต้นฝึกฝน การรู้เรื่องคอร์ด(Chord) สเกล(Scale) อาเพจจิโอ (Arpeggio) นั้นสำคัญเป็นอย่างมากเพราะจะเป็นสิ่งที่ทำให้เราต่อยอดและพัฒนาการเล่นกีตาร์ให้สมบูรณ์ได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการที่ผู้วิจัยได้เข้ามาทำการศึกษากับอาจารย์และศิลปินต้นแบบ คือ อาจารย์อิทธิกร คามาโช ผลจากการดำเนินงานทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงความรู้ความสามารถของอาจารย์อิทธิกร คามาโช ว่าเป็นผู้ที่มีความรู้ในหลายหลายด้าน อีกทั้งยังมีทักษะในการปฏิบัติกีตาร์สูง เป็นที่รักของลูกศิษย์และเป็นที่รู้จักของบุคคลภายนอก ท่านยังมีผลงานอีกมากมายที่สมควรได้รับการสืบทอดและเผยแพร่ให้เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กมลธรรม เกื้อบุตร. (2564). **พัฒนาการดนตรีแจ๊สในบริบทการศึกษาไทย.** มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

ธีรัช เลาห์วีระพานิช. (2562). **องค์ประกอบของดนตรีแจ๊ส.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปพิชญา เสียงประเสริฐ (2556). **การวิเคราะห์ทัศนมิติและกระบวนการถ่ายทอดดนตรีไทยของครูชนก สาคริก.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปองภพ สุกิตติวงศ์. (2556). **การนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนดนตรีเพื่อพัฒนาทักษะคีตปฏิภาณดนตรีแจ๊สในคีตลักษณ์บลูส์ของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิทธิกร คามาโช. (2564). **เอกสารประกอบการสอน กีต้าร์แจ๊สพื้นฐาน.**

การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของกฎหมาย กรณีการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา ตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

A Study on the evaluation of legal effectiveness: The case study of Pinai Fine instead of criminal offenses in the National Parks Act, B.E. 2562 (2019)

พัณณิตา มะโนพันธ์[1*] และ ธิติ ไวกวี[1]

Pannita manopan[1*] and Thiti Waikavee[1*]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบจากการนำพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 มาใช้บังคับในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 โดยวิเคราะห์ตามทฤษฎี Two kinds of legal efficiency เพื่อเสนอแนวทางการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษอาญาและแนวทางปฏิบัติการแก้ปัญหาในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562จากการศึกษาพบว่า การนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญาตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ยังประสบปัญหาในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะการควบคุมพฤติกรรมและลดจำนวนผู้กระทำความผิดในเขตอุทยานแห่งชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าการกำหนดอัตราโทษมีสัดส่วนค่อนข้างสูงและประชาชนยังขาดความรู้ความเข้าใจในพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 ประกอบผู้กระทำความผิดส่วนใหญ่อยู่ในภาคการเกษตร จึงมีรายได้ไม่เพียงพอในการชำระค่าปรับ นอกจากนี้ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถเกิดใหม่ทดแทนได้ตามฤดูกาล ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละอุทยานแห่งชาติ ในการศึกษานี้ จึงเสนอแนวคิดทฤษฎีTwo kinds of legal efficiency เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและการบังคับกฎหมายให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคมและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: อุทยานแห่งชาติ, การปรับเป็นพินัย, ประสิทธิภาพของกฎหมาย

[1] คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of law, University of Phayao, Phayao 56000

[*] Corresponding author: 66033750@up.ac.th

Abstract

This research article examines the effectiveness and impacts of the application of the Act on Imposition of Pinai Regulatory Fines B.E. 2565 (2022) in the enforcement of the National Park Act B.E. 2562 (2019), analyzed through the framework of the Two Kinds of Legal Efficiency theory. The study aims to propose guidelines for applying administrative fines as a substitute for criminal sanctions, as well as practical approaches to addressing enforcement issues under the National Park Act B.E. 2562 (2019). The findings reveal that the application of administrative fines in place of criminal penalties under the National Park Act B.E. 2562 (2019) continues to face several practical challenges, particularly in effectively controlling behavior and reducing the number of offenders within national park areas. In addition, the penalty rates are found to be relatively high, while public understanding of the Act on Imposition of Pinai Regulatory Fines B.E. 2565 (2022) remains limited. Most offenders are engaged in the agricultural sector and therefore lack sufficient income to pay the imposed fines. Furthermore, the study identifies the absence of standardized criteria for determining the value of renewable natural resources, which vary seasonally and differ across national parks due to variations in forest areas and biodiversity. Based on these findings, the study proposes the application of the Two Kinds of Legal Efficiency theory as a framework for improving both the design and enforcement of laws, with the objective of maximizing social benefits and promoting the sustainable conservation of natural resources and the environment.

Keywords: National Park, Pinai fines, Legal Effectiveness

บทนำ

ในปัจจุบัน ปัญหาการกระทำความผิดกฎหมายอาญาในเขตอุทยานแห่งชาติมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันส่งผลกระทบโดยตรงต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นสมบัติสาธารณะของประเทศ พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 จึงถูกตราขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือทางกฎหมายในการอนุรักษ์ คุ้มครอง และรักษาทรัพยากรธรรมชาติภายในเขตอุทยานแห่งชาติให้คงอยู่ในสภาพธรรมชาติเดิม รวมถึงเพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิจัยและการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนของคนรุ่นหลัง อย่างไรก็ตาม การบังคับใช้กฎหมายดังกล่าวในทางปฏิบัติยังคงประสบปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะการกำหนดโทษทางอาญากับการกระทำความผิดบางประเภทที่มีลักษณะไม่ร้ายแรงหรือเป็นความผิดเล็กน้อย การกำหนดโทษอาญาแก่ผู้กระทำความผิดในลักษณะดังกล่าว ส่งผลให้ผู้กระทำความผิดต้องเข้าสู่กระบวนการยุติธรรมทางอาญา อาจถูกลงโทษจำคุกหรือปรับ และในกรณีที่ไม่สามารถชำระค่าปรับได้ ผู้กระทำความผิดอาจถูกกักขังแทนค่าปรับในเรือนจำ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทั้งในมิติของสิทธิมนุษยชน ความไม่เหมาะสมของโทษเมื่อเทียบกับลักษณะการกระทำความผิด รวมถึงการเพิ่มจำนวนผู้ต้องขังในเรือนจำโดยไม่จำเป็น อีกทั้งยังทำให้ผู้กระทำความผิดต้องมีประวัติอาชญากรติดตัว ทั้งที่การกระทำมิได้มีความร้ายแรงถึงขั้นเป็นภยันตรายต่อชีวิต ทรัพย์สิน สิทธิ หรือเสรีภาพของบุคคลอื่น ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงภาวะ “กฎหมายอาญาเฟ้อ” (over criminalization) ซึ่งส่งผลให้กฎหมายอาญาสูญเสียความศักดิ์สิทธิ์และประสิทธิภาพในการควบคุมพฤติกรรมของบุคคลในสังคม แม้ว่ากฎหมายอาญาจะเป็นกลไกสำคัญของรัฐในการควบคุมพฤติกรรมและสร้างความสงบเรียบร้อยในสังคม แต่ในทางปฏิบัติกลับพบว่าการกำหนดโทษอาญาในบางกรณีไม่สามารถยับยั้งหรือป้องปรามการกระทำความผิดซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังไม่สอดคล้องกับหลักความได้สัดส่วนระหว่างโทษกับการกระทำความผิด เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและให้สอดคล้องกับมาตรา 77 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย

พ.ศ. 2560 รวมถึงแผนการปฏิรูปประเทศด้านกฎหมาย รัฐจึงได้ตราพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงระบบการลงโทษสำหรับความผิดที่มีลักษณะไม่ร้ายแรง เปลี่ยนความผิดทางอาญาที่มีโทษปรับสถานเดียวให้เป็นความผิดทางพินัย ซึ่งไม่ถือเป็นความผิดอาญา และกำหนดให้มีการชำระค่าปรับเป็นพินัยแทน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาการนำพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 มาบังคับใช้ในบริบทของพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 โดยศึกษาภายใต้กรอบแนวคิดและทฤษฎีการประเมินประสิทธิภาพของกฎหมายตามทฤษฎี Two Kinds of Legal Efficiency เพื่อวิเคราะห์ว่าการเปลี่ยนความผิดทางอาญาเป็นความผิดทางพินัยจะสามารถยับยั้งการกระทำความผิดในเขตอุทยานแห่งชาติได้หรือไม่ สามารถสร้างแรงจูงใจให้ผู้กระทำความผิดเกิดความเกรงกลัวและไม่กระทำความผิดซ้ำ (deterrence) รวมถึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมพฤติกรรมและการบังคับใช้กฎหมายได้เพียงใด ทั้งนี้ เพื่อให้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในเขตอุทยานแห่งชาติดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อเสนอแนวทางเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติในการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา แก้ไขปัญหาการบังคับใช้พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ในปัจจุบันได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

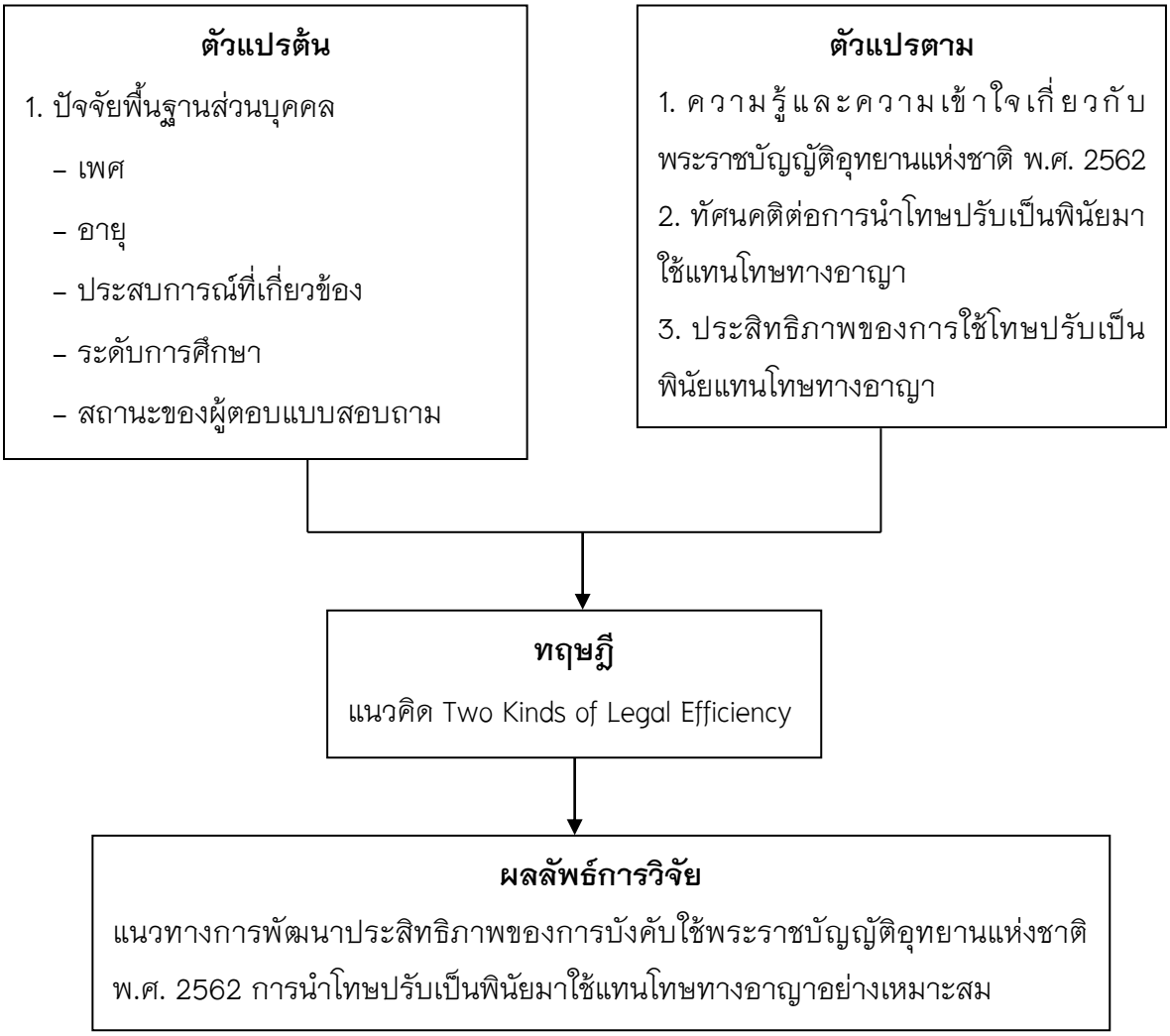
วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาประสิทธิภาพของกฎหมายพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 ในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ตามทฤษฎี Two kinds of legal efficiency

2. ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในการปรับเปลี่ยนความผิดอาญาที่มีโทษปรับสถานเดียวในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เป็นความผิดทางพินัย

3. ศึกษาแนวทางการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษอาญาและแนวทางปฏิบัติการแก้ปัญหาในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพใช้วิธีการศึกษาค้นคว้าเอกสาร (Documentary Research) ควบคู่กับการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาจากกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ คำสั่ง ประกาศ หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงคำพิพากษาศาลฎีกา งานวิจัย วิทยานิพนธ์ สารนิพนธ์ หนังสือ บทความ วารสารทางกฎหมาย เอกสารวิชาการอื่น ๆ ตลอดจนข้อมูลจากสื่อออนไลน์ และการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อศึกษาความรู้และความเข้าใจ ทัศนคติ และประสิทธิภาพของการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา รวมทั้งทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับตัวแปรตามที่กำหนด

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้องกับการบังคับใช้พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติที่เป็นพื้นที่ศึกษา กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในอุทยานแห่งชาติจำนวน 32 แห่ง โดยใช้วิธีการตอบแบบสอบถามทั้งแบบสอบถามด้วยตนเองและแบบสอบถามออนไลน์ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่และกลุ่มตัวอย่างอย่างทั่วถึง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วยคำถามแบบปลายปิดและปลายเปิด พัฒนาโดยอาศัยการทบทวนเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี ระเบียบกฎหมาย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ (1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (2) คำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและทัศนคติ โดยใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ และ (3) ข้อเสนอแนะ ซึ่งเป็นคำถามแบบปลายเปิด

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภายหลังได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามระเบียบและกฎหมายที่กำหนด โดยเก็บข้อมูลจากผู้มีส่วนได้เสียในอุทยานแห่งชาติที่เป็นพื้นที่ศึกษา ผ่านการชี้แจงและการสอบถามด้วยตนเอง รวมทั้งการตอบแบบสอบถามออนไลน์ ข้อมูลที่ได้รับถูกตรวจสอบความครบถ้วนก่อนนำไปวิเคราะห์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละและค่าเฉลี่ย และใช้สถิติเชิงอนุมานในการทดสอบสมมุติฐานความแตกต่างระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความรู้และความเข้าใจ ทัศนคติ และประสิทธิภาพของการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA)

ผลการศึกษา

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องการปรับเป็นพินัยที่กระทำความผิดในเขตอุทยานแห่งชาติ

1.1 แนวคิด “ประสิทธิภาพทางกฎหมายสองประเภท” (Two Kinds of Legal Efficiency) โดย Gordon Tullock

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกฎหมาย บทความนี้ใช้กรอบแนวคิดจากงานวิชาการของ Gordon Tullock เรื่อง Two Kinds of Legal Efficiency ซึ่งแบ่งประสิทธิภาพออกเป็น 2 มิติ ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพเชิงเนื้อหา (Substantive Efficiency) และ 2) ประสิทธิภาพเชิงกระบวนการ (Procedural Efficiency) โดยเน้นว่ากฎหมายที่ดีไม่เพียงแต่ต้องออกแบบมาเพื่อบรรลุเป้าหมายของสังคม แต่ยังต้องมีระบบบังคับใช้ที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนที่เหมาะสมด้วย เป็นหลักเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพของกฎหมาย สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกฎหมายในประเทศไทยได้ โดยเฉพาะในบริบทของพระราชบัญญัติหลักเกณฑ์การจัดทำร่างกฎหมายและการประเมินผลสัมฤทธิ์ของกฎหมาย พ.ศ. 2562 ซึ่งกำหนดให้มีการประเมินผลสัมฤทธิ์ของกฎหมายอย่างเป็นระบบการประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์ในประเทศไทย และมีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ กฎหมายไทยมีการกำหนดให้หน่วยงานที่รับผิดชอบต้องทำการประเมินผลสัมฤทธิ์ของกฎหมาย โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการนี้ การประเมินผลกระทบต่อผู้มีส่วนได้เสีย เป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการออกกฎหมาย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Gordon Tullock ที่เน้นการพิจารณาผลกระทบที่แท้จริง ความโปร่งใสในกระบวนการ

1.2. พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 และความสำคัญของอุทยานแห่งชาติ

จากการศึกษาพบว่าการตราพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เป็นผลสืบเนื่องจากพัฒนาการทางสังคม เศรษฐกิจ และกฎหมายที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ประกอบกับความจำเป็นในการคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ความมั่นคงทางสิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิตของประชาชนในระยะยาว กฎหมายอุทยานแห่งชาติจึงมิได้มีบทบาทเพียงในฐานะเครื่องมือเชิงอนุรักษ์ หากแต่เป็นกลไกสำคัญของรัฐในการสร้างสมดุลระหว่างการคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติกับการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมและยั่งยืน ภายใต้นโยบายป่าไม้แห่งชาติที่กำหนดให้ประเทศไทยต้องมีพื้นที่ป่าไม้อย่างน้อยร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ โดยเฉพาะป่าอนุรักษ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 การบังคับใช้กฎหมายอุทยานแห่งชาติจึงมีความเข้มข้นสูง และส่งผลกระทบโดยตรงต่อประชาชน ชุมชนท้องถิ่น และผู้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษากรอบแนวคิด ทฤษฎี และพัฒนาการของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นฐานในการประเมินประสิทธิภาพของการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญาในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

แนวคิดการจัดตั้งอุทยานแห่งชาติมีรากฐานจากสองวัตถุประสงค์หลัก ได้แก่ การใช้พื้นที่ธรรมชาติเป็นพื้นที่สาธารณะเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ และการสงวนพื้นที่เพื่อการคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติจากการแสวงหาประโยชน์โดยเอกชน แนวคิดดังกล่าวได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบในคริสต์ศตวรรษที่ 19 โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งนำไปสู่การประกาศจัดตั้งอุทยานแห่งชาติเยลโลว์สโตนในปี ค.ศ. 1872 อันเป็นอุทยานแห่งชาติแห่งแรกของโลก ต่อมาสหภาพสากลว่าด้วยการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN) ได้กำหนดหลักเกณฑ์และนิยามของ “อุทยานแห่งชาติ” เพื่อให้เป็นมาตรฐานสากล โดยเน้นการคุ้มครองระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ และการเปิดโอกาสให้ประชาชนใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาและนันทนาการภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม สำหรับประเทศไทย แนวคิดการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติเริ่มปรากฏอย่างเป็นรูปธรรมตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 ผ่านการจัดตั้งกรมป่าไม้ และพัฒนามาเป็นระบบกฎหมายป่าไม้และพื้นที่คุ้มครองหลายฉบับ กระทั่งมีการประกาศใช้พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2504 และต่อมาได้รับการปรับปรุงครั้งสำคัญเป็นพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ซึ่งสะท้อนการเปลี่ยนแปลงแนวคิดจากการสงวนและหวงห้าม ไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติแบบสมดุล โดยคำนึงถึงสิทธิของชุมชน การมีส่วนร่วมของประชาชน และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

1.3 ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติป่าไม้และสัตว์ป่า

ทรัพยากรธรรมชาติป่าไม้และสัตว์ป่าเป็นฐานทรัพยากรที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจและสังคม (สำนักอุทยานแห่งชาติ, 2557) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการใช้ทรัพยากรอย่างไม่ยั่งยืน ส่งผลให้ทรัพยากรดังกล่าวเสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่อง ปัญหาการบุกรุกป่า การลักลอบตัดไม้ และการล่าสัตว์ป่าจึงกลายเป็นประเด็นสำคัญที่รัฐต้องใช้มาตรการทางกฎหมายเข้าควบคุมสถานการณ์การบุกรุกในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในประเทศไทยมีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม กฎหมาย และสิ่งแวดล้อม การบังคับใช้กฎหมายอุทยานแห่งชาติจึงต้องอาศัยกฎหมายหลายฉบับควบคู่กัน และต้องเผชิญกับข้อจำกัดด้านทรัพยากรบุคคล ความชัดเจนของแนวเขต และความขัดแย้งระหว่างรัฐกับประชาชน (สมบูรณ์ รุ่งอรุณหน่อคำ1 , ศศินา ขุนทองวงศ์2 , ปาณิษตรา บุญส่ง3, 2562).

2. การกำหนดโทษและมาตรการลงโทษตามกฎหมายอุทยานแห่งชาติ

พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ได้ปรับปรุงบทกำหนดโทษให้เข้มงวดขึ้นเมื่อเทียบกับฉบับปี พ.ศ. 2504 โดยเพิ่มโทษจำคุกและโทษปรับในความผิดที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อทรัพยากรธรรมชาติ พร้อมทั้งกำหนดมาตรการทางแพ่งและทางปกครองควบคู่กัน อย่างไรก็ตาม ความเข้มงวดดังกล่าวนำไปสู่ข้อถกเถียงเกี่ยวกับความเหมาะสมของการใช้โทษทางอาญาในความผิดที่มีลักษณะไม่ร้ายแรง

3. ปัญหากฎหมายอาญาเฟ้อ (Over-criminalization) กับพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ

กฎหมายอาญา หมายถึง กฎหมายที่บัญญัติถึงความผิดและโทษ (ทวีเกียรติ, 2558) สำหรับความผิดที่มีลักษณะไม่ร้ายแรง (พศิน, 2563) หรือที่เป็นปัญหากฎหมายอาญาเฟ้อ (Over-criminalization) (สุภัชลี เทพหัสดิน ณ อยุธยา, 2561) การกำหนดโทษทางอาญาในกฎหมายอุทยานแห่งชาติจำนวนมาก โดยเฉพาะในความผิดเล็กน้อย อาจสะท้อนปัญหากฎหมายอาญาเฟ้อ ซึ่งทำให้ระบบยุติธรรมต้องแบกรับภาระเกินความจำเป็น และไม่สอดคล้องกับหลักประสิทธิภาพของมาตรา 77 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 การบัญญัติกฎหมายอาญาจึงจะต้องกระทำเท่าที่จำเป็นและพอสมควรเท่านั้นทั้งนี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การลงโทษและการบังคับใช้กฎหมาย (สมชาย, 2560) งานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดการปรับเป็นพินัยมาใช้เป็นกรอบในการประเมินว่า การลดการใช้โทษทางอาญาและหันมาใช้มาตรการทางพินัยจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบังคับใช้กฎหมาย และยับยั้งการกระทำความผิดในเขตอุทยานแห่งชาติได้มากน้อยเพียงใด

4. พระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565

จากการศึกษาพบว่าการปรับเป็นโทษทางอาญา ตามมาตรา 18 (4) ประมวลกฎหมายอาญา และโทษปรับมักจะบัญญัติไว้ในคดีความผิดเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดเปลี่ยนโทษ “ปรับ” ทางอาญาเป็น “มาตรการปรับเป็นพินัย” จึงได้ประกาศพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 เป็นกฎหมายที่ตราขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการบังคับใช้กฎหมายในความผิดที่มีลักษณะไม่ร้ายแรง ซึ่งแต่เดิมต้องดำเนินการกระบวนการทางอาญาเต็มรูปแบบส่งผลให้เกิดความล่าช้า สิ้นเปลืองทรัพยากรของรัฐ และไม่สอดคล้องกับหลักความเหมาะสมของโทษ โดยปรับเปลี่ยนโทษอาญาบางประการที่มุ่งต่อการปรับเป็นเงิน เปลี่ยนเป็นมาตรการปรับเป็นพินัย (ไพโรจน์, 2567) ไม่ให้มีสภาพเป็นโทษอาญา จะเป็นกลไกทางกฎหมายเพื่อสร้างความเป็นธรรม เพื่อแยกความผิดที่มีลักษณะเบาบางออกจากความผิดอาญาที่แท้จริงและขจัดความเหลื่อมล้ำทางสังคม และส่งเสริมการบังคับใช้กฎหมายให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ช่วยทำให้ประชาชนที่ถูกกล่าวหาว่ากระทำความผิดไม่ต้องเข้าสู่กระบวนการทางอาญา ผลดีของโทษปรับทางพินัย จะไม่ถูกบันทึกประวัติอาชญากรรม กระทบต่อหน้าที่การงาน รับโทษปรับอย่างเดียว โดยไม่มีการกักขังระหว่างพิจารณาคดี ไม่เป็นภาระในการประกันตัว ค่าปรับเป็นพินัยสามารถผ่อนชำระได้ หรือเลือกทำงานบริการสังคมแทนก็ได้ และศาลอาจพิจารณาลดค่าปรับ หรือเพียงตักเตือนโดยไม่ต้องปรับได้ หากเป็นการทำผิดจากความยากจน โดยศาลจะคำนึงถึงพฤติกรรมการกระทำผิดและสถานะทางเศรษฐกิจด้วยเสมอ (พัชรา, 2564)

ผลการศึกษาเชิงปริมาณ

ผลการศึกษาวิจัย เรื่อง การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของกฎหมาย กรณีการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา ตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ได้เก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมด 400 คน นำมาวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาจากผลการสอบถามข้อมูลพื้นฐานด้านปัจจัยส่วนบุคคล

1. ข้อมูลจำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้ชาย มีจำนวน 276 คน คิดเป็นร้อยละ 69.0 มีอายุ 20 – 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 44.3 มีประสบการณ์ในการทำงานในหน่วยงานด้านอุทยานแห่งชาติ หรือด้านกฎหมาย 8 – 14 ปี มีจำนวน 232 คิดเป็นร้อยละ 58.0 มีระดับการศึกษา ปริญญาตรี มีจำนวน 179 คน คิดเป็นร้อยละ 44.8 มีสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม เจ้าหน้าที่สังกัดอุทยานแห่งชาติ มีจำนวน 303 คน คิดเป็นร้อยละ 75.8

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความรู้ความเข้าใจ ปัญหา อุปสรรค ของการศึกษาประสิทธิภาพของกฎหมายกรณีการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญาตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 จากผลการสอบถามปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการศึกษาระดับด้านความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

	ระดับความรู้ความเข้าใจ		
	$(\bar{x})$	(S.D)	แปลผล
2.1. ท่านเห็นว่าพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 มีการกำหนด “โทษปรับเป็นพินัย” แทนโทษทางอาญาบางกรณี ในความผิดที่มีโทษปรับสถานเดียว เหมาะสมหรือไม่อย่างไร เช่น เก็บเห็ดเชิงพาณิชย์ หรือเก็บเห็ดเพื่อเลี้ยงชีพ ,การนำเครื่องมือสำหรับล่าสัตว์หรือจับสัตว์ หรืออาวุธใดๆ ไป (อาวุธปืน)	3.16	1.47	ปานกลาง
2.2. บทกำหนดโทษพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน เช่น สถาณการณ์ไฟป่า มีประกาศอุทยานแห่งชาติ ห้ามเข้าไปในอุทยานแห่งชาติ เพื่อป้องกันไฟป่าและควบคุมหมอกควัน เป็นการไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของพนักงานเจ้าหน้าที่ เหมาะสมกับโทษปรับไม่เกินหนึ่งแสนบาท	3.27	1.22	ปานกลาง
2.3. การปรับเป็นพินัยเป็นมาตรการที่เหมาะสมกับพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เป็นการกระทำความความผิดที่ไม่ร้ายแรง สามารถยุติในชั้นพิจารณาของเจ้าหน้าที่รัฐ ท่านเห็นด้วยหรือไม่	4.50	0.96	มากที่สุด
2.4. การใช้โทษปรับเป็นพินัยอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการทุจริตคอร์รับชันภาครัฐหรือไม่ ท่านเห็นด้วยหรือไม่	4.14	0.61	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับด้านความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 โดยรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ประเด็นการปรับเป็นพินัยเป็นมาตรการที่เหมาะสมสำหรับความผิดที่ไม่ร้ายแรงและสามารถยุติได้ในชั้นพิจารณาของเจ้าหน้าที่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 4.50 ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ความเห็นว่าการใช้โทษปรับเป็นพินัยอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการทุจริตคอร์รัปชัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 ในระดับมาก ขณะที่ความเหมาะสมของการกำหนดโทษปรับเป็นพินัยแทนโทษทางอาญาในบางกรณี และความเหมาะสมของบทกำหนดโทษกับสถานการณ์ปัจจุบัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.16 และ 3.27 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผลการศึกษาด้านทัศนคติต่อการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษอาญา

	ระดับความคิดเห็น		
	$(\bar{x})$	(S.D)	แปลผล
3.1. ท่านเห็นว่าการใช้โทษปรับเป็นพินัยช่วยลดภาระของระบบยุติธรรมทางอาญาด้านการดูแลพื้นที่อนุรักษ์หรือไม่	4.15	0.60	มาก
3.2. การใช้โทษปรับเป็นพินัยสามารถยับยั้งพฤติกรรมการกระทำความผิดได้จริงหรือไม่	2.37	1.15	น้อย
3.3. โทษปรับเป็นพินัยมีประสิทธิภาพในการบังคับใช้เทียบเท่ากับโทษอาญาในการหยุดยั้งการละเมิดต่อกฎหมายหรือไม่เพียงใด	2.61	1.40	ปานกลาง
3.4. การใช้โทษปรับเป็นพินัยทำให้ผู้กระทำผิดตระหนักถึงผลของการกระทำของตนและไม่กระทำความผิดซ้ำหรือไม่	2.89	1.44	ปานกลาง
3.5. การปรับเป็นพินัยจะเป็นภาระเพิ่มขึ้นของเจ้าหน้าที่ในการติดตามค่าปรับ หากไม่ชำระค่าปรับ หรือไม่	4.03	1.06	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับด้านทัศนคติต่อการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษอาญา โดยรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยเป็นอย่างมากในการใช้โทษปรับเป็นพินัยช่วยลดภาระของระบบยุติธรรมทางอาญาด้านการดูแลผู้ต้องขัง และการปรับเป็นพินัยอาจเพิ่มภาระหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ในการติดตามการชำระค่าปรับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.15 และ 4.03 ตามลำดับ ในขณะที่ความเห็นว่าการใช้โทษปรับเป็นพินัยสามารถยับยั้งพฤติกรรมการกระทำความผิดได้จริงมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 2.37 ในระดับน้อย ส่วนประเด็นด้านประสิทธิภาพในการบังคับใช้เมื่อเทียบกับโทษทางอาญา และการทำให้ผู้กระทำผิดตระหนักถึงผลของการกระทำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.61 และ 2.89 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้โทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญาตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

	ระดับความคิดเห็น		
	$(\bar{x})$	(S.D)	แปลผล
4.1. การบังคับใช้โทษปรับเป็นพินัยกับพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ทำให้ผู้ถูกกล่าวหากระทำความผิดทางพินัยเกรงกลัว หรือไม่กล้ากระทำความผิดซ้ำ หรือสามารถควบคุมพฤติกรรม หรือสามารถลดปริมาณการดำเนินคดีอาญา ภายในอุทยานแห่งชาติได้	3.57	1.20	มาก
4.2. ผู้ถูกกล่าวหากระทำความผิดทางพินัย มีความเข้าใจในโทษปรับเป็นพินัย ทำการชำระค่าปรับเป็นพินัย	3.07	1.41	ปานกลาง
4.3. ท่านเห็นว่าโทษปรับเป็นพินัย มีความเหมาะสมกับการคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติภายในอุทยานแห่งชาติ และมีประสิทธิภาพในการบังคับใช้กับผู้ถูกกล่าวหา	2.74	1.23	ปานกลาง
4.4.การกระทำความผิดที่มีโทษปรับสถานเดียวตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 สมควรนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษอาญา ตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565	2.90	1.26	ปานกลาง
4.5. ความผิดทางพินัยลักษณะที่เป็นการฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามกฎหมายอุทยานแห่งชาติ และการกำหนดค่าปรับเป็นพินัย มีความเหมาะสมกับข้อเท็จจริง มีความเหมาะสมในการใช้ดุลพินิจโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐเป็นผู้มีอำนาจปรับเป็นพินัย	4.26	0.85	มากที่สุด
4.6. ท่านเห็นว่าควรมีการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมบทบัญญัติใดใน พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ที่เกี่ยวกับโทษปรับเป็นพินัย	4.01	0.92	มาก
4.7. อัตราค่าปรับทางพินัยควรเหมาะสมการกระทำความผิดหรือไม่ เช่น การกระทำแก่ทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถเกิดใหม่ทดแทนได้ตามฤดูกาล ตามมาตรา 42 การไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของพนักงานเจ้าหน้าที่ ตามมาตรา 47	2.74	1.67	ปานกลาง
4.8. หากผู้กระทำความผิดไม่ชำระค่าปรับ จะมีกระบวนการติดตามยึดทรัพย์สินได้จริงหรือไม่ กระบวนการนี้เป็นการผลักภาระทางกฎหมายมาให้เจ้าหน้าที่มากขึ้นหรือไม่	3.10	1.38	ปานกลาง

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญาตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 โดยรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ประเด็นความชัดเจนของลักษณะความผิดและบทกำหนดโทษตามกฎหมาย ซึ่งเอื้อต่อการบังคับใช้โทษปรับเป็นพินัย มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 4.26 ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ความเห็นว่าควรมีการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมบทบัญญัติที่เกี่ยวกับโทษปรับเป็นพินัยในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เท่ากับ 4.01 ในระดับมาก ขณะที่ประเด็นด้านประสิทธิภาพของการบังคับใช้โทษปรับเป็นพินัยในการควบคุมหรือยับยั้ง

พฤติกรรมการกระทำความผิด และความเหมาะสมของอัตราค่าปรับ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.74–3.57 ส่วนข้อที่เกี่ยวกับความสอดคล้องของกระบวนการเปรียบเทียบปรับกับหลักความยุติธรรม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 3.10

การทดสอบสมมุติฐาน

จากการทดสอบสมมุติฐานความแตกต่างระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความรู้และความเข้าใจ ทัศนคติ และประสิทธิภาพของการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5 ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมมุติฐานระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความรู้ ทัศนคติ และประสิทธิภาพของการใช้โทษปรับเป็นพินัยตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

ปัจจัยส่วนบุคคล	ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562	ทัศนคติต่อการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษอาญา พ.ศ. 2562	ประสิทธิภาพของการใช้โทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา
	ค่า Sig.	ค่า Sig.	ค่า Sig.
1. เพศ	0.110	0.170	0.342
2. อายุ	0.624	0.573	0.594
3. ประสบการณ์	0.349	0.701	0.198
4.การศึกษา	0.928	0.481	0.682
5.สถานภาพ	0.429	0.627	0.568

หมายเหตุ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์ ระดับการศึกษา และสถานภาพ ไม่ปรากฏความสัมพันธ์กับระดับความรู้และความเข้าใจในบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ทัศนคติต่อการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญา และการรับรู้ถึงประสิทธิภาพของมาตรการโทษปรับเป็นพินัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 ทั้งนี้ เนื่องจากค่าระดับนัยสำคัญ (Sig.) ของทุกปัจจัยมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า การรับรู้ ความเข้าใจ และการประเมินประสิทธิภาพของมาตรการโทษปรับเป็นพินัยตามกฎหมาย มิได้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะส่วนบุคคลของผู้บังคับใช้หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง หากแต่อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงโครงสร้างของกฎหมาย กลไกการบังคับใช้ หรือความชัดเจนของบทบัญญัติแห่งกฎหมายเป็นสำคัญ

อภิปรายผล

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้พระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 ในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ที่มีการกำหนด “โทษปรับเป็นพินัย” แทนโทษทางอาญาบางกรณี เป็นการตีความว่าความผิดใด "ร้ายแรง" หรือ "ไม่ร้ายแรง" จนสามารถใช้โทษพินัยได้ อาจยังไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 เป็นก้าวสำคัญในการปรับปรุงระบบกฎหมายของไทยให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแยกแยะความผิดเล็กน้อยออกจากความผิดทางอาญา

ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

จากการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่งกับการนำมาตรการปรับเป็นพินัย มาใช้แทนโทษทางอาญาในความผิดที่ไม่ร้ายแรง เช่น การส่งเสียงดัง ทิ้งขยะ หรือเก็บเห็ดเพื่อเลี้ยงชีพ เนื่องจากสอดคล้องกับหลักความได้สัดส่วนของโทษ ช่วยลดความขัดแย้งระหว่างรัฐกับชุมชน และป้องกันไม่ให้ประชาชนต้องมีประวัติอาชญากรติดตัวจากการใช้ชีวิตตามปกติธุระ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสอบถามยังมีข้อกังวล คือ ประเด็นความเสี่ยงด้านทุจริตคอร์รัปชันภาครัฐ เป็นการใช้ดุลพินิจของเจ้าหน้าที่รัฐในการกำหนดค่าปรับตามความหนักเบาของพฤติการณ์ อาจนำไปสู่การต่อรองผลประโยชน์หากขาดเกณฑ์มาตรฐานที่ชัดเจน ความเหมาะสมของอัตราโทษ กรณีการฝ่าฝืนคำสั่งห้ามเข้าพื้นที่ในช่วงไฟป่า ซึ่งมีโทษปรับสูงถึง 100,000 บาท ถูกมองว่าไม่เหมาะสม และรุนแรงเกินกว่าเหตุสำหรับคนในพื้นที่เนื่องจากอัตราโทษไม่สมดุลกับฐานะทางเศรษฐกิจและพฤติการณ์ที่ยังไม่ได้ก่อความเสียหายจริง เป็นการใช้อำนาจรัฐที่เกินขอบเขตมากกว่าการมุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม

ทัศนคติต่อการนำโทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษอาญา

จากการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความกังวลในทางปฏิบัติ คือ การลดภาระระบบยุติธรรมแต่เพิ่มภาระหน่วยงาน แม้จะเห็นด้วยอย่างยิ่งว่าโทษปรับเป็นพินัยช่วยลดภาระของระบบยุติธรรมทางอาญา เจ้าพนักงานตำรวจ พนักงานอัยการ ศาล ในคดีอาญาเล็กน้อย แต่เป็นการผลักภาระมาให้เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติ ต้องรับผิดชอบกระบวนการติดตามค่าปรับและจัดทำระบบฐานข้อมูล ซึ่งเป็นงานบริหารจัดการที่ซับซ้อนและเพิ่มภาระงานอย่างชัดเจน และผู้ตอบแบบสอบถาม ไม่เห็นด้วย ในกรณีโทษปรับเป็นพินัยมีประสิทธิภาพในการบังคับใช้เทียบเท่ากับโทษอาญาในการหยุดยั้งการละเมิดต่อกฎหมาย โดยมองว่าการตัดโทษจำคุกออกไปอาจส่งผลเสียต่อ (จิตสำนึก) จิตวิทยาพฤติกรรมมนุษย์ ทำให้ผู้กระทำผิดลดความรู้สึกผิดในเชิงศีลธรรม ผู้กระทำความผิดอาจมองว่าเป็นเพียงการฝ่าฝืนคำสั่งของเจ้าหน้าที่รัฐสามารถยุติคดีด้วยการชำระค่าปรับเป็นพินัยในชั้นเจ้าหน้าที่ ไม่ใช่การทำผิดกฎหมายร้ายแรง ส่งผลให้ความสำนึกที่จะไม่ทำผิดซ้ำลดน้อยลง และในพื้นที่อนุรักษ์ที่มีความซ้อนทับกับปัญหาความยากจน มาตรการนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งพฤติกรรม ผู้ตอบแบบสอบถาม ไม่เห็นด้วย เนื่องจากมองว่าหากชาวบ้านไม่มีเงินชำระค่าปรับ รัฐไม่มีกลไกบังคับทางร่างกายในการกักขัง ทำให้ผู้กระทำผิดขาดความยำเกรง ในขณะที่กลุ่มผู้กระทำผิดเพื่อการค้าเชิงพาณิชย์อาจมองค่าปรับเป็นเพียงต้นทุนธุรกิจที่คุ้มค่าจะเสี่ยง

ประสิทธิภาพของการใช้โทษปรับเป็นพินัยมาใช้แทนโทษทางอาญาตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

จากการศึกษาพบว่า มาตรการปรับเป็นพินัยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคดีความผิดที่ไม่ร้ายแรง โดยเน้นการลงโทษที่ฉับไวและลดภาระขั้นตอนในกระบวนการยุติธรรมทางอาญา ถือเป็นก้าวสำคัญของการปฏิรูปกฎหมายไทย กฎหมายพินัยช่วยแยกผู้กระทำความผิดที่ขาดเจตนาทุจริตออกจากอาชญากรที่มุ่งหวังผลประโยชน์เชิงพาณิชย์ ไม่ถูกบันทึกประวัติอาชญากรรมในคดีลหุโทษ โดยผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นด้วยอย่างยิ่งในประเด็นของการใช้ดุลพินิจเพื่อตักเตือนและปรับตามความหนักเบาของพฤติการณ์ อย่างไรก็ตาม ในด้านของความยั่งยืนและการบังคับใช้

มีข้อกังวล ในประเด็นประสิทธิภาพในการคุ้มครองทรัพยากร ในกรณีความผิดที่มีความอ่อนไหวสูง เช่น การพกพาอาวุธปืนเข้าเขตอุทยานแห่งชาติ โทษปรับเป็นพินัยอาจไม่เพียงพอต่อการป้องปรามเมื่อเทียบกับความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งกฎหมายการปรับเป็นพินัยเน้นเพียงการชำระค่าปรับ แต่ตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 หากคดีมีของกลาง จะต้องริบทรัพย์สินของกลางสถานเดียว จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงบทบัญญัติให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกันเพื่อตัดวงจรการล่าสัตว์ ทำให้เกิดความไม่เชื่อมั่นในประสิทธิภาพการคุ้มครองพื้นที่ป่าและสัตว์ป่า ผู้ตอบแบบสอบถาม จึงไม่เห็นด้วย ว่าการปรับเป็นพินัยจะทดแทนโทษอาญาได้ในการรักษาทรัพยากรที่ประเมินค่าไม่ได้ อาจมองว่าเงินค่าปรับไม่สามารถฟื้นฟูธรรมชาติที่สูญเสียไปได้โดยตรง แม้กฎหมายจะระบุให้นำเงินค่าปรับเป็นพินัย ใช้เป็นเงินเพื่อการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และบำรุงรักษาอุทยานแห่งชาติ แต่ในส่วนของปัญหาการไม่ชำระค่าปรับ ไม่มี ไม่หนี ไม่จ่าย เป็นเรื่องสำคัญเนื่องจากผู้กระทำผิดส่วนใหญ่เป็นชาวบ้านรายได้น้อย ทำให้การจัดเก็บค่าปรับจริงทำได้ยาก ขณะเดียวกันกระบวนการติดตามค่าปรับพินัยกลายเป็นการผลักภาระงานเอกสารและงานกฎหมายที่ซับซ้อนไปให้เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติแทนที่พนักงานสอบสวน

ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติ ควรได้รับการอบรมพัฒนาทักษะและทำความเข้าใจกับพระราชบัญญัติว่าด้วยการปรับเป็นพินัย พ.ศ. 2565 ให้มีความรู้ ความเข้าใจ อย่างถูกต้อง เพื่อให้การบังคับใช้กฎหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

2. กำหนดเกณฑ์การปรับให้มีมาตราฐานที่ชัดเจนและสอดคล้องกับความเป็นจริงทางเศรษฐกิจ เพื่อป้องกันความเสี่ยงต่อการถูกเรียกรับผลประโยชน์โดยมิชอบ และความเสี่ยงต่อการทุจริตคอร์รัปชันภาครัฐ

3. ปรับปรุงด้านเนื้อหา ในกรณีนำเครื่องสำหรับล่าสัตว์ หรืออาวุธ เข้าไปในเขตอุทยานแห่งชาติ เพื่อตัดปัญหาการก่ออาชญากรรม และตัดวงจรการล่าสัตว์

4. ประชาสัมพันธ์ สร้างความเข้าใจแก่ผู้ที่เข้ามาในเขตอุทยานแห่งชาติ ทราบถึงสิทธิและหน้าที่ตามกฎหมาย

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์ คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติ ไวกวี ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะแนวทาง และเมตตาอนุเคราะห์ให้การช่วยเหลือในการปรับปรุงข้อผิดพลาดต่าง ๆ ขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณครอบครัว พี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจ คอยช่วยเหลือจนทำให้บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ให้การอนุญาตเพื่อการสำรวจ การศึกษา การวิจัย หรือการทดลองทางวิชาการในอุทยานแห่งชาติ และเจ้าหน้าที่กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ให้ความอนุเคราะห์แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ เพื่อใช้ประกอบการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ทวีเกียรติ มีนะกนิษฐ. (2558). คำอธิบายกฎหมายอาญาภาคทั่วไป (พิมพ์ครั้งที่ 16). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วิญญูชน.

ไพโรจน์ วายุภาพ. (2567). คำอธิบายการปรับเป็นพินัย (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วิญญูชน.

สุภัชลี เทพหัสดิน ณ อยุธยา. (2561). กฎหมายอาญาเฟ้อ. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. ปีที่ 44 ฉบับที่ 2, หน้า 9–33.

รุ่งอรุณ หน่อคำ1 , ศศินา ขุนทองวงศ์2 , ปาณิษตรา บุญส่ง3. (2562). แนวทางการพัฒนาการอยู่ร่วมกันของชุมชนกับป่าในเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2, หน้า 1–20.

สมชาย ปรีชาศิลปะกุล. (2560). ความยุติธรรมทางอาญาและข้อจำกัดของรัฐในการกำหนด ความผิด. วารสารนิติศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่ 44 ฉบับที่ 1, หน้า 12–27.

พศิน วรเนติโพธิ์. (2563). ปัญหาการกำหนดโทษทางอาญาสำหรับความผิดที่มีลักษณะไม่ร้ายแรง : ศึกษาเฉพาะพระราชบัญญัติที่มีโทษทางอาญาตามกฎหมายไทยการ กำหนดโทษทางอาญาสำหรับความผิดที่มีลักษณะไม่ร้ายแรง. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตนิติศาสตร์). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พัชรา พุกเศรษฐี. (2564). การปรับเป็นพินัยแทนการลงโทษปรับทางอาญาและปกครองของ ประเทศไทย. วารสารบทความทางวิชาการ ปีที่ 2 ฉบับที่ 3, หน้าที่ 5–9.

สำนักอุทยานแห่งชาติ. (2557) คู่มืออุทยานแห่งชาติ เพื่อการปฏิบัติงานของพนักงานเจ้าหน้าที่การป้องกันและปราบปรามการบุกรุกทำลายทรัพยากรในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

อัตลักษณ์และการดำรงอยู่ของชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง): กรณีศึกษาบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) หมู่ที่ 3 ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี

Identity and existence of the Lawa (O– Gong) ethnic group: A case study of Ban Lawa Mai (Ban Khok Khwai), village no. 3, Thonglang Subdistrict, Huai Khot District, Uthai Thani Province

นพรัตน์ ไชยชนะ[1*] ชูชัย ใบสะอาด[2] และ ชญานิศ ใคร่ครวญ[3]

Nobparat Chaichana[1*], Chuchai Baisaard[2] and Chayanit Kaikruan[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาการดำรงอยู่และการปรับตัวของชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน และค้นหาแนวทางการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ให้สอดคล้องกับบริบทสังคมร่วมสมัย ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพประยุกต์วิจัยแบบมีส่วนร่วม (PAR) ผ่านการสังเกตแบบมี/ไม่มีส่วนร่วม การสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้นำชุมชน ผู้สูงอายุ เยาวชน รวม 18 คน และสนทนากลุ่มย่อย ระหว่างมกราคม–กุมภาพันธ์ 2568 ข้อมูลได้รับการตรวจสอบแบบสามเส้า (triangulation) และการยืนยันจากผู้ให้ข้อมูล (member checking)

ผลการศึกษาพบว่า อัตลักษณ์โอก๋องยังดำรงอยู่ด้วยแกนกลาง คือ ภาษา พิธีกรรม และเครือญาติ แม้เกิดการเปลี่ยนผ่านทางเศรษฐกิจสู่เกษตรเชิงพาณิชย์ ภาษาโอก๋องเลื่อนฐานะเป็นภาษาสัญลักษณ์ใช้ชัดในพิธีและระหว่างผู้สูงอายุ ขณะที่เยาวชนใช้ไทยกลางในชีวิตประจำวัน พิธีไหว้ผีเจ้าบ้านและความเชื่อผีบรรพบุรุษดำรงอยู่ในรูปแบบผสมผสานกับพุทธศาสนา ทำหน้าที่เป็นกลไกสังคมเชื่อมคนในชุมชน ระบบเครือญาติสายมารดาและบทบาทตายายยังเป็นทุนทางสังคมที่สำคัญ ส่วนเศรษฐกิจพืชเชิงเดี่ยวเพิ่มรายได้แต่กระทบทรัพยากร (ดิน–น้ำ) ด้านแนวทางที่ชุมชนสังเคราะห์ ได้แก่ 1) ห้องเรียนภาษาโอก๋องและสื่อสองภาษาโดยผู้สูงอายุ–โรงเรียน 2) บันทึก/ถ่ายทอดพิธีกรรมควบพุทธ 3) เกษตรผสมผสาน–ฟื้นฟูป่า–ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม 4) เวทีรุ่นสู่รุ่นเสริมบทบาทเยาวชน 5) จัดตั้งศูนย์วัฒนธรรม โอก๋องเป็นคลังภาพ–เสียง–ความรู้ สรุปได้ว่า การธำรงอัตลักษณ์เกิดจากการสืบทอด (Transmission) ควบคู่การสร้างพื้นที่ใหม่ (Recreation) ภายใต้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

คำสำคัญ: ชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง), อัตลักษณ์ชาติพันธุ์, การดำรงอยู่ของชุมชน, บ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย)

[1] สาขานวัตกรรมสังคมเพื่อการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190

[2] เทศบาลตำบลท่าม่วง อำเภอท่ามวง จังหวัดกาญจนบุรี 71110

[3] ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กวัดห้วยกระเจา เทศบาลตำบลห้วยกระเจา อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี 71140

[1] Social Innovation for Community Development Program, Faculty of Humanities and Social Sciences, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

[2] Tha Muang Subdistrict Municipality, Tha Muang District, Kanchanaburi Province 71110

[3] Child Development Center, Wat Huai Krajao, Huai Krajao Subdistrict Municipality, Huai Krajao District, Kanchanaburi Province 71140

*Corresponding author: Chimmanee@kru.ac.th

Abstract

This study examines the identity and continuity of the Lawa (O- Gong) ethnic group in Ban Lawa Mai (Ban Khok Khwai), Thonglang Subdistrict, Huai Khot District, Uthai Thani, and synthesizes community-driven approaches for cultural preservation. A qualitative, participatory action research design was employed, combining participant/non-participant observation, in-depth interviews with 18 informants (community leaders, elders, youth), and focus group discussions during January–February 2025. Data credibility was ensured through triangulation and member checking.

Findings indicate that O- Gong identity persists through three core pillars—language, ritual beliefs, and kinship—amid a shift toward commercial agriculture. The O- Gong language increasingly functions as a symbolic rather than functional medium—salient in rituals and elder communication—while Thai dominates daily interactions among youth. The guardian-spirit ritual and ancestor beliefs continue in a syncretic form with Buddhism, working as a social mechanism that binds the community. Matrilineal kinship and grandparents' roles remain vital social capital. However, monocrop farming raises income while straining soil, water, and communal time. Community-articulated pathways include: (1) weekend O-Gong language classes and bilingual materials led by elders and schools; (2) documentation and transmission of key rituals alongside Buddhist events; (3) diversified agro-ecology, forest restoration, and cultural/ecotourism; (4) intergenerational "youth–elder" platforms; and (5) a community-run O- Gong Cultural Center as an audio-visual knowledge hub. Overall, O- Gong identity endures through Transmission + Recreation, sustained by participatory, community-based processes.

Keywords: Lawa (Gong) Ethnic Group, Ethnic Identity, Community Existence, Ban Lawa Mai (Ban Khok Khwai)

บทนำ

ชาติพันธุ์ละว้าหรือที่เรียกตนเองว่าก๋องเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ดั้งเดิมที่มีประวัติการตั้งถิ่นฐานยาวนานในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย เดิมมีรากฐานที่สามารถค้นหาได้อยู่ในเขตอำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี โดยมีหลักฐานเชิงมุขปาฐะและเรื่องเล่าของคนท้องถิ่นที่สะท้อนถึงการตั้งถิ่นฐานของกลุ่มละว้าในพื้นที่ภูเขาและป่าทุ่งใหญ่นเรศวร อย่างไรก็ตามปัจจุบันไม่ปรากฏการตั้งถิ่นฐานถาวรของละว้าในจังหวัดกาญจนบุรี เหลือเพียงร่องรอยความทรงจำที่สืบทอดจากผู้สูงอายุและชาวบ้านในท้องถิ่น (มยุรี ถาวรพัฒน์, 2540) ภายหลังการอพยพกลุ่มละว้า (โอก๋อง) ได้เคลื่อนย้ายเข้าสู่พื้นที่ใหม่ในจังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดอุทัยธานี โดยเฉพาะบ้านกกเชียงและบ้านวังควาย ในอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี และบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี การอพยพครั้งนี้มีสาเหตุจากทั้งปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม การแสวงหาที่ดินทำกิน ทำให้กลุ่มชาติพันธุ์ต้องปรับตัวเข้าสู่พื้นที่ใหม่เพื่อดำรงชีวิต (ฉวีวรรณ ศิริปิมา, 2552)

อัตลักษณ์ของกลุ่มชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) มีความโดดเด่นทางด้านภาษา วัฒนธรรม และความเชื่อ ภาษาโอก๋องอยู่ในตระกูลจีน-ทิเบต สาขาโลโล-พม่า (Lolo-Burmese) ซึ่งแตกต่างอย่างชัดเจนจากกลุ่มลัวะทางภาคเหนือของไทยที่อยู่ในตระกูลออสโตรเอเชียติก (มยุรี ถาวรพัฒน์, 2540) กลุ่มนี้มีพิธีกรรมสำคัญ เช่น พิธีไหว้ผีเจ้าบ้าน ความเชื่อเรื่องผีบรรพบุรุษ และพิธีกรรมการเรียกขวัญ ตลอดจนระบบเครือญาติที่ให้ความสำคัญกับฝ่ายมารดา (Matrilineal) อันเป็นอัตลักษณ์ที่สืบทอดมาแต่โบราณ อย่างไรก็ตามอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของกลุ่มละว้า (โอก๋อง) กำลังเผชิญกับ

แรงกดดันจากการเปลี่ยนแปลงของสังคมสมัยใหม่ ทั้งการพัฒนาเศรษฐกิจพืชเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง ซึ่งทำให้ระบบเกษตรยังชีพและการพึ่งพาทรัพยากรป่าลดลง (มนัส ขุนณรงค์ และคณะ, 2549) นอกจากนี้ การผสมผสานกับกลุ่มชาติพันธุ์อื่นในพื้นที่ และการศึกษาในระบบที่เน้นภาษาไทย ทำให้ภาษาและวัฒนธรรมดั้งเดิมของกลุ่มชาติพันธุ์โอก๋องเสื่อมถอยลง โดยเฉพาะในหมู่เยาวชนที่ไม่สามารถใช้ภาษาโอก๋องได้อย่างคล่องแคล่วเหมือนผู้สูงอายุ

กรณีของจังหวัดสุพรรณบุรีมีการริเริ่มโครงการฟื้นฟูวัฒนธรรมและภาษา เช่น การจัดตั้งศูนย์ละว้า (โอก๋อง) บ้านกกเชียง ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ด้านภาษาและภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยชุมชนมีส่วนร่วมอย่างจริงจัง (ฉวีวรรณ ศิริปิมา, 2552) และมีการพัฒนาพิพิธภัณฑ์ชุมชนเพื่อเป็นพื้นที่บันทึกความทรงจำ (ธีรวัฒน์ รังแก้ว, 2564) แต่สำหรับจังหวัดอุทัยธานี โดยเฉพาะบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) แม้ยังคงมีผู้นำชุมชนที่เข้มแข็ง มีการประกอบพิธีกรรมดั้งเดิม และมีบทบาทในการรักษาวิถีชีวิตแบบโอก๋อง แต่ยังไม่ปรากฏงานวิจัยเชิงลึกที่ศึกษาการดำรงอยู่ของอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ในพื้นที่นี้ แม้ว่าจะมีงานศึกษาหลายชิ้นที่กล่าวถึงชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ในจังหวัดสุพรรณบุรี ทั้งในมิติการฟื้นฟูภาษาและการพัฒนาศูนย์การเรียนรู้ (มนัส ขุนณรงค์ และคณะ, 2549) รวมถึงงานสารานุกรมชาติพันธุ์ที่ให้ภาพรวมของกลุ่มโอก๋องในประเทศไทย (มยุรี ถาวรพัฒน์, 2540) แต่ชุมชนโอก๋องในจังหวัดอุทัยธานีกลับไม่ได้รับการศึกษาเชิงลึก ทั้งที่มีบทบาทสำคัญในฐานะแหล่งการดำรงอยู่จริงของกลุ่มชาติพันธุ์นี้ในปัจจุบัน ปัญหาสำคัญที่พบได้แก่ (1) การสูญหายทางภาษา คนรุ่นใหม่ไม่สามารถใช้ภาษาโอก๋องได้อย่างคล่องแคล่ว ส่งผลให้ภาษาเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์และความทรงจำทางชาติพันธุ์ถูกจำกัดอยู่เพียงในกลุ่มผู้สูงอายุ (2) การเลือนหายของพิธีกรรมและความเชื่อ พิธีไหว้ผีเจ้าบ้านและความเชื่อเรื่องผีบรรพบุรุษยังดำรงอยู่ แต่ถูกท้าทายจากค่านิยมสมัยใหม่และการผสมผสานกับศาสนาพุทธอย่างเข้มข้น (3) แรงกดดันทางเศรษฐกิจและสังคม การทำเกษตรเชิงเดี่ยวและการเชื่อมโยงกับตลาดภายนอก ทำให้วิถีเกษตรดั้งเดิมและการพึ่งพาทรัพยากรป่าลดลง ส่งผลต่อวิถีการผลิตและการดำรงชีวิต และ (4) ขาดการบันทึกและงานวิจัยเฉพาะพื้นที่ต่างจากจังหวัดสุพรรณบุรีที่มีโครงการฟื้นฟูและจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้ ชุมชนโอก๋องในอุทัยธานียังไม่มีงานวิชาการที่เจาะลึกลงไปในกระบวนการดำรงอยู่ การปรับตัว และการจัดการชุมชนของตนเอง

ด้วยเหตุนี้ จึงเกิดช่องว่างทางวิชาการ (Research Gap) ว่ากลุ่มชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ในจังหวัดอุทัยธานียังคงรักษาอัตลักษณ์และดำรงอยู่ท่ามกลางความเปลี่ยนแปลงได้อย่างไร และปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการคงอยู่หรือเลือนหายของอัตลักษณ์ดังกล่าว หากไม่เร่งศึกษาและบันทึกในปัจจุบัน ย่อมเสี่ยงต่อการสูญหายขององค์ความรู้ชาติพันธุ์และทำให้การพัฒนานโยบายหรือมาตรการด้านวัฒนธรรมขาดฐานข้อมูลที่ถูกต้อง ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการ (เพื่อเติมเต็มองค์ความรู้ที่ยังขาดหาย) และในเชิงสังคมวัฒนธรรม (เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้าในอนาคต)

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการดำรงอยู่และการปรับตัวของชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน
2. เพื่อค้นหาแนวทางการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ให้สอดคล้องกับบริบทสังคมร่วมสมัย

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Review of Literature)

ชาติพันธุ์ละว้าหรือที่เรียกตนเองว่า “ก๋อง” เป็นกลุ่มชาติพันธุ์ดั้งเดิมในภูมิภาคตะวันตกของประเทศไทย งานของมยุรี ถาวรพัฒน์ (2540) ได้อธิบายไว้อย่างละเอียดเกี่ยวกับภาษา วัฒนธรรม และโครงสร้างสังคม โดยระบุว่าภาษาโอก๋องอยู่ในตระกูลจีน–ทิเบต สาขาโลโล–พม่า (Lolo–Burmese) แตกต่างจากลัวะภาคเหนือที่อยู่ในตระกูลออสโตรเอเชียติก ซึ่งสะท้อนว่าอัตลักษณ์ทางภาษาเป็นหัวใจสำคัญที่แยกความเป็น “โอก๋อง” ออกจากกลุ่มชาติพันธุ์ใกล้เคียง และเป็นแกนหลักของการดำรงอยู่ในปัจจุบัน ต่อมามยุรี ถาวรพัฒน์ (2558) ได้ดำเนินโครงการบันทึกรวบรวมภาษาและภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มโอก๋อง โดยเน้นการเก็บคำศัพท์และข้อมูลพิธีกรรม เช่น พิธีไหว้ผีเจ้าบ้านและการเรียกขวัญ ซึ่งสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างคนกับธรรมชาติและบทบาทของพิธีกรรมในการธำรงเครือญาติ แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเศรษฐกิจเข้ามาแทรกแซง แต่พิธีกรรมเหล่านี้ยังคงมีความหมายและทำหน้าที่กำหนดอัตลักษณ์ของโอก๋อง

ในด้านการฟื้นฟูภาษาและวัฒนธรรม มนัส ขุนณรงค์ และคณะ (2549) ได้ศึกษาที่บ้านกกเชียง จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าภาษาและภูมิปัญญาของโอก๋องกำลังเสื่อมสลาย แต่ชุมชนยังคงสร้างพื้นที่การเรียนรู้เพื่อถ่ายทอดให้คนรุ่นใหม่ โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมของชุมชน ขณะที่ฉวีวรรณ ศิริปิมา (2552) ศึกษาการพัฒนาศูนย์ละว้า (โอก๋อง) เพื่อเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ด้านภาษา วัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยชี้ว่าศูนย์การเรียนรู้ สามารถทำหน้าที่เป็นพื้นที่กลางในการมีส่วนร่วมระหว่างชุมชน ภาควิชาการและภาครัฐ ส่วน ธีรวัฒน์ รังแก้ว (2564) นำเสนอภาพบ้านกกเชียงในมิติพิพิธภัณฑ์มีชีวิต ซึ่งช่วยสร้างการตระหนักในสังคมวงกว้างและเสริมพลังให้ชุมชนเห็นคุณค่าในอัตลักษณ์ของตนเอง ขณะเดียวกัน งานด้านวรรณกรรมโดยกรมศิลปากร (2518) กล่าวถึงประเด็นชีวิตละงานของสุนทรภู่กล่าวว่าแม้ไม่กล่าวถึงโอก๋องโดยตรง แต่ก็ยืนยันถึงการมีอยู่ของกลุ่มชาติพันธุ์ชายขอบในสังคมไทย เมื่อพิจารณางานทั้งหมด พบว่า งานศึกษาที่ผ่านมาเน้นไปที่จังหวัดสุพรรณบุรี ขณะที่งานของ มยุรี ถาวรพัฒน์ (2558) เป็นเพียงภาพรวม ไม่ได้ลงลึกในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี ซึ่งเป็นชุมชนสำคัญของโอก๋อง ดังนั้นช่องว่างทางวิชาการจึงอยู่ที่การศึกษาการดำรงอยู่และการปรับตัวของชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ในจังหวัดอุทัยธานี โดยเฉพาะบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) ที่ยังไม่มีงานศึกษาอย่างเป็นระบบ ทั้งที่ยังคงมีพิธีกรรม ความเชื่อ และการจัดการชุมชนสะท้อนอัตลักษณ์ดั้งเดิม การวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการเติมเต็มองค์ความรู้ และเสนอแนวทางการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์ให้สอดคล้องกับสังคมร่วมสมัย

วิธีวิทยาการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ที่ประยุกต์ใช้แนวทางวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) โดยผู้วิจัยมุ่งเน้นการศึกษาอัตลักษณ์และการดำรงอยู่ของชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ผ่านการทำงานร่วมกับผู้นำชุมชน ผู้สูงอายุ เยาวชน และสมาชิกในชุมชนบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเลือกสนามวิจัยและสถานการณ์ทางสังคม ผู้วิจัยเลือกบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) เป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากเป็นชุมชนที่มีร่องรอยการดำรงอยู่ของกลุ่มชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) อย่างชัดเจน ทั้งในด้านพิธีกรรม ความเชื่อ และบทบาทของผู้นำชุมชน แม้จะเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม แต่ยังคงเป็นชุมชนที่สะท้อนอัตลักษณ์ชาติพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ

2. การเข้าสนามวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างความสัมพันธ์กับผู้นำชุมชน เช่น ผู้ใหญ่บ้าน ผู้นำพิธีกรรม และผู้สูงอายุที่มีบทบาทสำคัญ โดยใช้วิธีการเข้าหาชุมชนอย่างค่อยเป็นค่อยไป เพื่อสร้างความไว้วางใจและความร่วมมือในการเก็บข้อมูล

3. การสังเกตและการมีส่วนร่วม การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) และแบบไม่มีส่วนร่วม (Non-participant Observation) ถูกนำมาใช้ ผู้วิจัยเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ เช่น พิธีไหว้ผีเจ้าบ้าน งานบุญประเพณี และการประชุมชุมชน พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวิถีชีวิต การใช้ภาษา และการปฏิบัติพิธีกรรม

4. การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ได้แก่

4.1 ผู้นำชุมชน 3 คน (เช่น ผู้ใหญ่บ้าน ผู้นำพิธีกรรม)

4.2 ผู้สูงอายุ/ผู้ทรงภูมิปัญญา 5 คน (ผู้ที่ยังสามารถใช้ภาษาโอ่ก่องหรือรู้จักพิธีกรรมดั้งเดิม)

4.3 เยาวชนและประชาชนทั่วไป 10 คน (กลุ่มที่สะท้อนการปรับตัวและการดำรงอยู่ในสังคมปัจจุบัน)

การสัมภาษณ์ครอบคลุมประเด็นเรื่องภาษา ความเชื่อ พิธีกรรม การปรับตัว และแนวทางการฟื้นฟู ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ทั้งสามกลุ่มถูกนำไปใช้ตอบวัตถุประสงค์การวิจัยทั้ง 2 ส่วน ได้แก่ ข้อที่ 1 การดำรงอยู่และการปรับตัวของชาติพันธุ์ละว้า และข้อที่ 2 แนวทางการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์ โดยผู้นำชุมชนให้ข้อมูลด้านโครงสร้างชุมชนและพิธีกรรม ผู้สูงอายุให้ข้อมูลด้านภาษาและภูมิปัญญาดั้งเดิม ขณะที่เยาวชนและประชาชนทั่วไปสะท้อนการปรับตัวและทัศนะต่ออัตลักษณ์ในสังคมปัจจุบัน ทั้งหมดถูกใช้ประกอบการวิเคราะห์ผลการศึกษาในส่วนการดำรงอยู่และการปรับตัวของชาติพันธุ์และแนวทางการอนุรักษ์และฟื้นฟูอัตลักษณ์

5. การสนทนากลุ่มย่อย (Focus Group Discussion) จัดสนทนากลุ่มย่อยระหว่างผู้นำชุมชน ผู้สูงอายุ และเยาวชน จำนวน 12 คน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในชุมชน และแนวทางการอนุรักษ์-ฟื้นฟูอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้า (โอ่ก่อง) การสนทนากลุ่มนี้ใช้ตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 การสนทนากลุ่มจัดขึ้นเมื่อวันที่ 30 เมษายน 2568 ณ บ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี

6. การเก็บเอกสารและข้อมูลทุติยภูมิ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสาร งานวิจัย และข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากสถาบันการศึกษา หน่วยงานรัฐ และแหล่งข้อมูลออนไลน์ เพื่อเปรียบเทียบและเชื่อมโยงกับข้อมูลภาคสนาม

7. การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้ถูกวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และการวิเคราะห์เชิงตีความ (Interpretive Analysis) เพื่อตีความความหมายของภาษา วัฒนธรรม และการดำรงอยู่ของกลุ่มโอ่ก่อง รวมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่เอื้อต่อการอนุรักษ์และการฟื้นฟูอัตลักษณ์

8. การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล (Trustworthiness) เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยใช้วิธีดังนี้

8.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านชาติพันธุ์และการพัฒนาชุมชนเพื่อตรวจสอบเครื่องมือเก็บข้อมูล

8.2 การทดสอบภาคสนาม (Pilot Test) ทดลองสัมภาษณ์กับกลุ่มเล็กก่อนเพื่อปรับคำถาม

8.3 การตรวจสอบข้อมูลซ้ำ (Triangulation) เปรียบเทียบข้อมูลจากการสังเกต สัมภาษณ์ และสนทนากลุ่ม

8.4 การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) นำเสนอข้อมูลบางส่วนให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านชาติพันธุ์วิทยาตรวจสอบ

8.5 การตรวจสอบโดยผู้ให้ข้อมูล (Member Checking) ส่งข้อมูลกลับไปให้ผู้ให้ข้อมูลยืนยันความถูกต้อง

ผลการศึกษา

ส่วนที่ 1 บริบทพื้นที่และประชากรละว้า (โอก๋อง) บ้านละว้าใหม่หรือที่คนในพื้นที่เรียกกันว่าบ้านคอกควาย ตั้งอยู่ท่ามกลางภูเขาและผืนป่าของตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี เดิมพื้นที่นี้เป็นป่าหนาทึบที่ผู้คนใช้ในการหาของป่าและล่าสัตว์ แต่เมื่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและเกษตรกรรมเข้ามามีบทบาทมากขึ้น พื้นที่ป่ารอบหมู่บ้านก็ค่อย ๆ ถูกแทนที่ด้วยไร่ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง ชาวบ้านสะท้อนว่า

“เมื่อก่อนรอบ ๆ หมู่บ้านเป็นป่าหนา คนไปหาของป่า ล่าสัตว์ แต่เดี๋ยวนี้ปลูกข้าวโพด อ้อยเต็มไปหมด” (E1, 22 มกราคม 2568)

คำบอกเล่านี้ชี้ให้เห็นถึงพลวัตของชุมชนที่ปรับตัวจากการพึ่งพาธรรมชาติสู่การเป็นส่วนหนึ่งของระบบเศรษฐกิจพืชเชิงเดี่ยว ขณะเดียวกัน ภูมิประเทศที่เป็นเชิงเขาและมีลำห้วยเล็ก ๆ ไหลผ่านก็ยังคงเป็นเส้นเลือดสำคัญในการดำรงชีวิต

“ชุมชนอยู่ติดภูเขา น้ำจากห้วยเล็ก ๆ ใช้กินใช้ทำนา แต่ช่วงแล้งต้องซื้อน้ำเพิ่มเพราะไร่ข้าวโพดใช้น้ำมาก” (L1, 25 มกราคม 2568)

สะท้อนความท้าทายด้านทรัพยากรที่คนในชุมชนเผชิญอยู่ในเชิงประชากรบ้านละว้าใหม่มีประชากรประมาณ 1,373 คน ส่วนใหญ่มีเชื้อสายที่สามารถกล่าวได้ว่าบรรพบุรุษเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ที่อพยพจากกาญจนบุรีผ่านสุพรรณบุรี ก่อนมาตั้งถิ่นฐานถาวรในจังหวัดอุทัยธานี ปัจจุบันโครงสร้างเครือญาติยังคงมีลักษณะขยายและยึดโยงกับสายสืบฝ่ายมารดา ผู้สูงอายุยังมีบทบาทสำคัญในการเลี้ยงดูหลานและถ่ายทอดภูมิปัญญา เช่นที่มีการเล่าว่า

“หลานหลายคนโตมากับตายายฝั่งแม่ พ่อแม่ออกไปไร่กลางวัน เย็นกลับมา” (E2, 29 มกราคม 2568)
หรือ “ครอบครัวเราอยู่ใกล้ ๆ กัน เวลามีงานก็ช่วยกันหมด เหมือนเป็นครอบครัวใหญ่” (H1, 31 มกราคม 2568)

ความสัมพันธ์เช่นนี้สะท้อนถึงความเหนียวแน่นของระบบเครือญาติที่ยังดำรงอยู่ แม้วิถีครอบครัวนิวเคลียร์จะเริ่มมีบทบาทมากขึ้นในคนรุ่นใหม่ เรื่องราวการอพยพยังคงเป็นความทรงจำที่ผู้สูงอายุถ่ายทอดต่อมาสู่คนรุ่นหลัง โดยเล่าว่าบรรพบุรุษเคลื่อนย้ายจากกาญจนบุรี เดินข้ามภูเขาและพักพิงตามป่าก่อนจะมาตั้งหลักแหล่งถาวรในพื้นที่ปัจจุบัน

“ปู่ย่ามาจากกาญจนบุรี บอกว่าเดินข้ามเขามา พักตามป่า จนมาอยู่ที่นี่” (E3, 2 กุมภาพันธ์ 2568) และ
เหตุที่เรียกที่นี่ว่า “บ้านละว้าใหม่” หรือ “บ้านคอกควาย” ก็เพราะการรวมตัวของผู้คนรุ่นหลังที่มาตั้งถิ่นฐานใหม่
“ที่นี่เขาเรียกบ้านละว้าใหม่ เพราะรวมกันมาทีหลัง คนรุ่นก่อนเรียกคอกควายด้วย” (L2, 4 กุมภาพันธ์ 2568)

ชื่อบ้านจึงกลายเป็นร่องรอยทางวัฒนธรรมที่สะท้อนทั้งประวัติการอพยพและวิถีการดำรงชีวิต แม้ในปัจจุบันจะมีการผสมผสานกับสังคมรอบข้าง ทั้งจากการแต่งงานข้ามชาติพันธุ์และการใช้ภาษาไทยกลางในชีวิตประจำวัน แต่แกนกลางของความเป็นโอก๋องยังคงดำรงอยู่ ผ่านพิธีกรรม ความเชื่อ และการรวมกลุ่มทางสังคมดังเดิม ดังที่ชาวบ้านเล่าว่า

“สะใก้บ้านเรามาจากหมู่บ้านข้าง ๆ เขาพูดไทย เราต้องแปลคำโอก๋องให้ฟัง แต่ก็ยังทำพิธีตามแบบเดิมอยู่” (H2, 10 กุมภาพันธ์ 2568)

ขณะเดียวกัน เยาวชนก็ยืนยันถึงการมีส่วนร่วมแม้ไม่ได้เป็นโอก๋องโดยสายเลือด

“เพื่อนผมหลายคนไม่ใช่โอก๋องแท้ แต่เขาก็เข้าพิธีไหว้ผีเจ้าบ้านด้วย” (Y1, 12 กุมภาพันธ์ 2568)

สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้ายังคงดำรงอยู่บนพื้นฐานของการปรับตัวร่วมกับบริบทใหม่ ๆ



ภาพที่ 1 สัมภาษณ์กลุ่มชาติพันธุ์ในพื้นที่ (ซ้าย) สัมภาษณ์ผู้นำชุมชน (ขวา)
ที่มา: ชูชัย ใบสะอาด (29 มีนาคม 2568)

ส่วนที่ 2 การดำรงอยู่และการปรับตัวของชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง)

ภาษา ภาษาโอก๋องยังคงดำรงอยู่ในชุมชน โดยเฉพาะในการสื่อสารระหว่างผู้สูงอายุและในพิธีกรรมสำคัญ แต่ในชีวิตประจำวัน คนรุ่นใหม่กลับใช้ภาษาไทยกลางเป็นหลัก ทำให้ภาษาโอก๋องมีแนวโน้มถูกจำกัดอยู่ในพื้นที่เชิงสัญลักษณ์มากกว่าพื้นที่ชีวิตจริง ดังเสียงสะท้อน

"เมื่อก่อนในบ้านพูดโอก๋องกันหมด เดี๋ยวนี้หลานฟังออกแต่ไม่ค่อยพูด กลัวพูดไม่ชัด" (E2, 16 มกราคม 2568)

"เวลาประชุมหมู่บ้าน พูดไทยกลางเกือบทั้งหมด แต่บางช่วงผู้เฒ่าก็หลุดคำโอก๋องมา" (L1, 15 มกราคม 2568)

แม้ภาษาโอก๋องยังดำรงอยู่ในบริบทพิธีกรรมและการสื่อสารระหว่างผู้สูงอายุ แต่การใช้ในชีวิตประจำวันกำลังลดบทบาทลง การสังเคราะห์ข้อมูลพบว่า ภาษาในชุมชนมีสถานะเป็น "ภาษาสัญลักษณ์" (Symbolic Language) มากกว่าภาษาใช้จริงในชีวิตประจำวัน (Functional Language) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด language shift ที่ชี้ว่าภาษาของชนกลุ่มน้อยมักถูกแทนที่ด้วยภาษากลางเมื่อเข้าสู่กระบวนการรวมรัฐและการศึกษาในระบบ การคงอยู่ของภาษาโอก๋องจึงเป็นการอยู่ในพื้นที่ศักดิ์สิทธิ์ เช่น พิธีกรรม มากกว่าพื้นที่สื่อสารทั่วไป

พิธีกรรมและความเชื่อ แม้ชุมชนจะนับถือศาสนาพุทธ แต่พิธีกรรมดั้งเดิม เช่น พิธีไหว้ผีเจ้าบ้าน และความเชื่อเรื่องผีบรรพบุรุษยังคงได้รับการปฏิบัติและให้ความสำคัญ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุ ดังเสียงสะท้อน

"ถึงจะนับถือพุทธ แต่พิธีผีเจ้าบ้านยังต้องทำอยู่ทุกปี ไม่ทำไม่ได้ เดี๋ยวคนเจ็บป่วย" (H1, 20 มกราคม 2568)

"เด็ก ๆ บางทีไม่เข้าใจแล้ว แต่ผู้เฒ่ายังสอนว่า ผีเจ้าบ้านคุ้มครองหมู่บ้าน" (E3, 22 มกราคม 2568)

พิธีกรรมไหว้ผีเจ้าบ้านและความเชื่อเรื่องผีบรรพบุรุษยังถูกประกอบอยู่ต่อเนื่อง แม้มีการผสมผสานเข้ากับพุทธศาสนา การสังเคราะห์ข้อมูลพบว่า พิธีกรรมเหล่านี้ ทำหน้าที่เป็นกลไกสังคม (Social Mechanism) ที่เชื่อมโยงคนในชุมชนให้เกิดการรวมกลุ่ม และสร้างความหมายของการเป็นโอก๋อง การดำรงอยู่ของพิธีกรรมแม้ถูกท้าทายจากค่านิยมใหม่ จึงสะท้อนว่าอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ไม่ได้หายไป แต่ปรับรูปแบบให้สอดคล้องกับโครงสร้างทางสังคมร่วมสมัย

วิถีเศรษฐกิจและการดำรงชีพ จากเดิมที่พึ่งพาป่าและทำเกษตรยังชีพ ปัจจุบันชุมชนละว้าใหม่หันมาทำการเกษตรเชิงพาณิชย์ เช่น ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง ทำให้เกิดรายได้มากขึ้น แต่ก็ทำให้วิถีการดำรงชีพแบบดั้งเดิมลดลง ดังเสียงสะท้อน

"เมื่อก่อนหาของป่าได้ทั้งปี เดี๋ยวนี้ป่าไม่มีแล้ว ต้องซื้อของกินจากตลาด" (Y1, 25 มกราคม 2568)

"ไร่ข้าวโพดได้เงิน แต่ดินก็เสีย น้ำก็ไม่พอ" (L2, 28 มกราคม 2568)

การเปลี่ยนผ่านจากการทำเกษตรยังชีพและการพึ่งพาป่า ไปสู่ระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ เช่น ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง เป็นต้น แสดงให้เห็นการเชื่อมโยงของชุมชนกับระบบเศรษฐกิจทุนนิยมระดับภูมิภาค การสังเคราะห์ข้อมูลพบว่า เศรษฐกิจชุมชนเปลี่ยนจากเศรษฐกิจเพื่อยังชีพ (Subsistence Economy) สู่เศรษฐกิจเชิงพาณิชย์

(Commercial Economy) ซึ่งทำให้ชุมชนมีรายได้ แต่ก็ต้องเผชิญความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ดินเสื่อม น้ำขาดแคลน และการพึ่งพาตลาดภายนอกมากขึ้น

4. โครงสร้างครัวเรือนและเครือญาติ ระบบเครือญาติฝ่ายมารดายังคงปรากฏชัด โดยเฉพาะบทบาทของตายายในการเลี้ยงดูหลานและการจัดการพิธีกรรม แม้ครอบครัวนิวเคลียร์จะเริ่มมีมากขึ้น แต่เครือญาติแบบดั้งเดิมยังคงทำหน้าที่ได้ดี ดังเสียสะท้อน

"หลานโตมากับตายายฝั่งแม่ เพราะพ่อแม่ต้องออกไร่ทั้งวัน" (E2, 29 มกราคม 2568)

โครงสร้างเครือญาติฝ่ายมารดายังคงทำงานอยู่ โดยเฉพาะในบทบาทของตายายที่เลี้ยงดูหลานและเป็นศูนย์กลางของพิธีกรรม การสังเคราะห์ข้อมูลสะท้อนว่า เครือญาติเป็นทุนทางสังคม (Social Capital) ที่ยังคงหนุนเสริมการดำรงอยู่ของชุมชน แม้ครอบครัวนิวเคลียร์จะเริ่มชัดเจนมากขึ้นในรุ่นใหม่ แต่เครือญาติเชิงขยายยังคงทำหน้าที่เป็นกลไกในการจัดการงานบุญ งานศพ และการถ่ายทอดภูมิปัญญา

การอยู่ร่วมกับสังคมรอบข้าง การแต่งงานข้ามชาติพันธุ์และการใช้ภาษาไทยกลางสะท้อนการผสมผสานกับสังคมรอบข้าง แต่ชุมชนยังรักษาแกนหลักของอัตลักษณ์ผ่านพิธีกรรมและความเชื่อ ดังเสียงสะท้อน

"สะใภ้บ้านเรามาจากหมู่บ้านข้าง ๆ เขาพูดไทย เราต้องแปลคำโอก่องให้ฟัง แต่ก็ยังทำพิธีตามแบบเดิมอยู่" (H2, 10 กุมภาพันธ์ 2568)

"เพื่อนผมหลายคนไม่ใช่โอก่องแท้ แต่เขาก็เข้าพิธีไหว้ผีเจ้าบ้านด้วย" (Y1, 12 กุมภาพันธ์ 2568)

การแต่งงานข้ามชาติพันธุ์และการใช้ภาษาไทยกลางในชีวิตประจำวันเป็นสัญญาณของการปรับตัวเข้ากับสังคมใหญ่ การสังเคราะห์ข้อมูลพบว่า อัตลักษณ์โอก่องมีลักษณะเปิดรับและปรับใช้ (Adaptive Identity) โดยไม่ยึดติดกับความบริสุทธิ์ทางชาติพันธุ์ (Ethnic Purity) แต่เน้นการรักษาแกนกลางของพิธีกรรมและความเชื่อไว้เป็นเครื่องหมายร่วม การผสมผสานจึงไม่ใช่การสูญเสีย แต่เป็นการต่อรองเพื่อความอยู่รอด

การดำรงอยู่ของชาติพันธุ์ละว้า (โอก่อง) ในบ้านละว้าใหม่มิใช่การหยุดนิ่ง หากแต่เป็นกระบวนการที่ดำเนินไปในรูปแบบธำรง ปรับ ผสมผสาน (Maintain–Adapt–Integrate) ภาษา พิธีกรรม และเครือญาติยังคงเป็นแกนกลางของอัตลักษณ์ ขณะที่วิถีเศรษฐกิจและการอยู่ร่วมกับสังคมรอบข้างสะท้อนพื้นที่ของการปรับตัวและการต่อรองกับกระแสสังคมสมัยใหม่ อัตลักษณ์ของโอก่องจึงดำรงอยู่ได้เพราะความสามารถในการประนีประนอมและปรับใช้มากกว่าการยึดติดกับความบริสุทธิ์ทางชาติพันธุ์



ภาพที่ 2 พื้นที่ชุมชนบ้านละว้าใหม่คอกควาย (ซ้าย) ลักษณะเรือนที่อาศัย (ขวา)

ที่มา: ชญานิศ ใคร่ครวญ (29 มีนาคม 2568)

ส่วนที่ 3 แนวทางการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง)

ชุมชนบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) มีความตระหนักถึงการเสื่อมถอยของภาษา วัฒนธรรม และวิถีชีวิตดั้งเดิมของโอก๋อง จึงเกิดข้อเสนอแนวทางการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์จากมุมมองของชาวบ้านและผู้นำชุมชน โดยสามารถสังเคราะห์ได้เป็น 5 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

ประการแรก การอนุรักษ์ภาษา ชุมชนเห็นว่าภาษาโอก๋องเป็นหัวใจสำคัญของอัตลักษณ์ แต่กำลังเลือนหายไปในหมู่เยาวชน แนวทางที่ถูกเสนอคือการสร้างพื้นที่การเรียนรู้และสื่อการสอนภาษาโอก๋องในรูปแบบง่าย ๆ เช่น สมุดคำศัพท์ หรือกิจกรรมในโรงเรียน โดยมีผู้สูงอายุเป็นผู้ถ่ายทอด

“ถ้าไม่สอนหลาน ๆ ตอนนี้ อีกหน่อยก็จะไม่มีใครพูดโอก๋องได้แล้ว” (E1, 5 กุมภาพันธ์ 2568)

เสียงสะท้อนนี้แสดงให้เห็นความกังวลต่ออนาคตของภาษา และนำไปสู่การสังเคราะห์ว่า การฟื้นฟูภาษาต้องอยู่บนฐานการมีส่วนร่วมของทั้งผู้สูงอายุ โรงเรียน และเยาวชนในชุมชน

ประการที่สอง การฟื้นฟูพิธีกรรมและความเชื่อ แม้พิธีกรรมผีเจ้าบ้านยังคงจัดขึ้น แต่เยาวชนจำนวนไม่น้อยไม่เข้าใจความหมายของพิธี ชาวบ้านเสนอให้มีการบันทึกและถ่ายทอดความรู้ควบคู่กับกิจกรรมศาสนาพุทธ เช่น งานบุญหรืองานประจำปี

“อยากให้ลูกหลานได้เห็นพิธีไหว้ผีเจ้าบ้านทุกปี จะได้ไม่ลืมว่าเราเป็นใคร” (H1, 8 กุมภาพันธ์ 2568)

การสังเคราะห์ชี้ว่าแนวทางฟื้นฟูจำเป็นต้องใช้กระบวนการผสมผสาน (cultural hybridization) เพื่อให้คนรุ่นใหม่ยอมรับ ขณะเดียวกันก็ยังคงรักษาแกนกลางของความเชื่อไว้

ประการที่สาม การพัฒนาเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลพบว่า การทำเกษตรเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพดอ้อย และมันสำปะหลัง ทำให้ดินเสื่อมและน้ำขาดแคลน ชาวบ้านเสนอทางออกคือการทำเกษตรผสมผสาน ฟื้นฟูป่า และเชื่อมโยงวิถีโอก๋องกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

“ไร่ข้าวโพดได้เงินแต่ทำลายดิน อยากให้มีการปลูกป่ากลับมา” (L1, 11 กุมภาพันธ์ 2568)

ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าการอนุรักษ์อัตลักษณ์โอก๋องไม่อาจแยกขาดจากการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและเศรษฐกิจชุมชน

ประการที่สี่ คือการเสริมสร้างเครือญาติและการมีส่วนร่วม ครอบครัวและเครือญาติยังคงทำหน้าที่ในการจัดงานบุญและเลี้ยงดูหลาน แต่ชาวบ้านเห็นว่าควรดึงเยาวชนให้เข้ามามีส่วนร่วมมากขึ้น

“เวลามีงานบุญอยากให้เด็ก ๆ เข้ามาช่วย ไม่ใช่ปล่อยให้ผู้ใหญ่ทำฝ่ายเดียว” (E2, 14 กุมภาพันธ์ 2568)

แนวทางนี้สะท้อนถึงการสร้าง participatory identity ที่ทำให้การธำรงอัตลักษณ์ไม่ใช่เรื่องของผู้สูงอายุฝ่ายเดียว แต่เป็นภารกิจของทุกคนในชุมชน

ประการที่ห้า การสร้างพื้นที่กลางทางวัฒนธรรม ชุมชนสะท้อนว่าควรมีศูนย์วัฒนธรรมเล็ก ๆ เพื่อเก็บบันทึกภาษา พิธีกรรม และภูมิปัญญาให้คนรุ่นหลังได้เรียนรู้

“อยากให้มีที่เก็บข้อมูล เป็นศูนย์กลางแบบที่บ้านกกเชียงสุพรรณบุรี” (E1, 18 กุมภาพันธ์ 2568)

การสังเคราะห์พบว่า การสร้างศูนย์กลางดังกล่าวจะเป็น cultural preservation hub ที่ช่วยให้การอนุรักษ์วัฒนธรรมไม่เพียงแต่เป็นความทรงจำ หากแต่กลายเป็นการปฏิบัติจริงของชุมชน

ตารางที่ 1 สรุปแนวทางการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง)

ด้าน	ทำอะไร	ทำอย่างไร	ผู้รับผิดชอบ/ร่วมดำเนินการ
ภาษา	สอนภาษาโอก๋อง สร้างสื่อคำศัพท์	ผู้สูงอายุถ่ายทอด, จัดกิจกรรมในโรงเรียน, ทำสมุดคำศัพท์/สื่อดิจิทัล	ผู้สูงอายุ, ครู, เยาวชน, นักวิชาการ
พิธีกรรมและความเชื่อ	ฟื้นฟูและบันทึกพิธีกรรม	จัดงานบุญประจำปี ผสมผสานกับศาสนาพุทธ ทำคู่มือพิธีกรรม	ผู้นำพิธีกรรม, ผู้เฒ่า, พระสงฆ์, อบต.
เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม	พัฒนาเกษตรผสมผสานและการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม	ลดพืชเชิงเดี่ยว ฟื้นฟูป่า จัดเส้นทางท่องเที่ยววิถีโอก๋อง	กลุ่มเกษตรกร, วิสาหกิจชุมชน, หน่วยงานเกษตร/ท่องเที่ยว
เครือญาติและการมีส่วนร่วม	เสริมบทบาทเครือญาติและเยาวชนในงานบุญ	จัดเวทีรุ่นสู่รุ่น, บังคับทุกบ้านมีตัวแทนเข้าร่วมงาน	ครอบครัว, ผู้นำชุมชน, เยาวชน
พื้นที่กลางทางวัฒนธรรม	จัดตั้งศูนย์วัฒนธรรมโอก๋อง	ใช้อาคารชุมชน, รวบรวมภาษา/พิธีกรรม, จัดนิทรรศการ	ชุมชน, อบต., โรงเรียน, มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าแนวทางการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) มิได้เป็นเพียงมาตรการเชิงนโยบาย หากแต่เป็นกระบวนการมีส่วนร่วม ของทุกภาคส่วนในชุมชน ตั้งแต่ผู้สูงอายุที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดภาษาและพิธีกรรม เยาวชนที่ต้องสืบสานและปรับตัวในสังคมปัจจุบัน ไปจนถึงหน่วยงานท้องถิ่นและภาควิชาการที่เข้ามาเสริมพลังในเชิงโครงสร้าง การสังเคราะห์ข้อมูลชี้ว่า การธำรงอัตลักษณ์โอก๋องจะยั่งยืนได้ต่อเมื่อมีทั้งการสืบทอด (Transmission) และการสร้างพื้นที่ใหม่ (Recreation) ควบคู่กัน ทำให้การอนุรักษ์ไม่ใช่การเก็บรักษาอดีตเท่านั้น แต่เป็นการสร้างความหมายใหม่ที่สอดคล้องกับบริบทสังคมร่วมสมัย

สรุปผลและอธิปรายผล

การศึกษาอัตลักษณ์และการดำรงอยู่ของชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ที่บ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี พบว่า ชุมชนดังกล่าวยังคงรักษาแกนกลางของความเป็นโอก๋องไว้ได้ผ่านภาษา พิธีกรรม ความเชื่อ และระบบเครือญาติ แม้จะเผชิญกับกระแสการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมสมัยใหม่ อัตลักษณ์โอก๋องจึงมิได้หายไป แต่กลับปรับตัวและต่อรองกับเงื่อนไขรอบด้านเพื่อให้สามารถดำรงอยู่ได้ ผลการศึกษาชี้ว่าภาษาโอก๋องซึ่งเคยเป็นภาษาหลักในครัวเรือน ได้ถูกลดบทบาทลงและกลายเป็นภาษาสัญลักษณ์ ที่ใช้เฉพาะในพิธีกรรมหรือในกลุ่มผู้สูงอายุ สถานการณ์นี้สอดคล้องกับงานของมยุรี ถาวรพัฒน์ (2558) ที่ชี้ให้เห็นความเปราะบางของภาษาโอก๋องและความจำเป็นในการบันทึกเพื่อการอนุรักษ์ อย่างไรก็ตาม การคงอยู่ของภาษาในพิธีกรรมยังทำให้ภาษาโอก๋องมีคุณค่าเชิงสัญลักษณ์ที่ช่วยกำหนดขอบเขตของการเป็นเราของกลุ่มชาติพันธุ์

ในมิติของพิธีกรรมและความเชื่อ พบว่าพิธีไหว้ผีเจ้าบ้านและความเชื่อเรื่องผีบรรพบุรุษยังคงได้รับการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง แม้ชุมชนจะนับถือพุทธศาสนาเป็นหลักก็ตาม การผสมผสานดังกล่าวสะท้อนกระบวนการ cultural hybridization ที่ทำให้พิธีกรรมไม่ถูกทิ้ง แต่กลับถูกตีความใหม่ให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตของคนรุ่นหลัง งานของมยุรี ถาวรพัฒน์ (2558) และการสังเกตจากกรณีบ้านกกเชียงที่นำเสนอโดย ธีรวัฒน์ รังแก้ว (2564) ต่างยืนยันว่าพิธีกรรมทำหน้าที่เป็นกลไกสังคมที่ช่วยเชื่อมโยงคนในชุมชนและสร้างความภาคภูมิใจในอัตลักษณ์ชาติพันธุ์

ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ชุมชนละว้าใหม่เปลี่ยนผ่านจากระบบเศรษฐกิจเพื่อยังชีพไปสู่ระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ โดยเน้นพืชไร่เชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง แม้จะสร้างรายได้มากขึ้น แต่กลับก่อให้เกิดปัญหาด้านทรัพยากร เช่น ดินเสื่อม น้ำไม่เพียงพอ และการลดลงของการพึ่งพาป่าไม้เพื่อยังชีพ ข้อมูลนี้สอดคล้องกับรายงานของ มนัส ขุนณรงค์ และคณะ (2549) ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจส่งผลโดยตรงต่อความต่อเนื่องของภูมิปัญญาชุมชนและวิถีชีวิตแบบดั้งเดิม การพัฒนาเศรษฐกิจจึงไม่อาจพิจารณาแยกขาดจากมิติการอนุรักษ์วัฒนธรรม แต่ต้องหาสมดุลระหว่างการสร้างรายได้และการรักษาทรัพยากรธรรมชาติที่เกี่ยวพันกับพิธีกรรมและความเชื่อ

โครงสร้างครอบครัวและเครือญาติยังคงยึดโยงกับสายสืบฝ่ายมารดา โดยผู้สูงอายุและตายายมีบทบาทสำคัญในการเลี้ยงดูหลานและถ่ายทอดภาษาและพิธีกรรม แม้วิถีครอบครัวนิวเคลียร์จะเริ่มปรากฏมากขึ้นในกลุ่มคนรุ่นใหม่ แต่เครือญาติขยายยังคงทำงานเป็นทุนทางสังคมที่เกื้อหนุนการธำรงอัตลักษณ์และการจัดการกิจกรรมชุมชน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับข้อค้นพบในงานของ มยุรี ถาวรพัฒน์ (2540) ที่ระบุถึงความสำคัญของโครงสร้างเครือญาติในระบบสังคมโอก่อง และยังสะท้อนข้อเท็จจริงที่ว่าความเข้มแข็งของเครือญาติเป็นเครื่องมือหลักในการรักษาความต่อเนื่องทางวัฒนธรรม ในด้านการอยู่ร่วมกับสังคมรอบข้าง การแต่งงานข้ามชาติพันธุ์และการใช้ภาษาไทยกลางในชีวิตประจำวันกลายเป็นเรื่องปกติ แต่ชุมชนโอก่องยังคงรักษาแกนหลักของตนผ่านพิธีกรรมและความเชื่อ ความเป็นโอก่องจึงปรับตัวแบบเปิดรับและปรับใช้ โดยไม่ยึดติดกับความบริสุทธิ์ทางชาติพันธุ์ แต่เลือกเก็บรักษาสิ่งที่เป็นหัวใจของอัตลักษณ์ไว้ การสังเคราะห์ข้อมูลพบว่า อัตลักษณ์ของโอก่องในบ้านละว้าใหม่จึงดำรงอยู่ได้เพราะความสามารถในการประนีประนอมและการต่อรองกับสังคมภายนอก มากกว่าการปิดกั้นตนเอง

เมื่อเปรียบเทียบกับงานศึกษาที่ผ่านมา พบว่างานวิจัยในจังหวัดสุพรรณบุรี เช่นของมนัส ขุนณรงค์ และคณะ (2549) และฉวีวรรณ ศิริปิมา (2552) มุ่งเน้นไปที่การฟื้นฟูภาษาและการสร้างศูนย์การเรียนรู้ ขณะที่งานของ มยุรี ถาวรพัฒน์ (2540) ให้ภาพรวมด้านชาติพันธุ์วิทยา แต่ยังขาดงานวิจัยเชิงลึกในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี การศึกษาครั้งนี้จึงช่วยเติมเต็มช่องว่างทางวิชาการ (Bourdieu, 1977) และแสดงให้เห็นว่าการดำรงอยู่ของโอก่องในจังหวัดอุทัยธานีมิใช่เพียงการรักษาอดีต แต่เป็นกระบวนการที่ชุมชนใช้ความสามารถในการปรับตัวเพื่อสร้างความหมายใหม่ให้กับอัตลักษณ์ของตน

กล่าวได้ว่าการธำรงอัตลักษณ์ชาติพันธุ์ละว้า (โอก่อง) มิใช่เพียงการเก็บรักษาอดีต แต่เป็นการสืบทอดควบคู่กับการสร้างพื้นที่ใหม่เพื่อรองรับบริบทสังคมปัจจุบัน การดำรงอยู่ของโอก่องจึงเป็นผลลัพธ์ของทั้งการสืบทอด (Transmission) และการสร้างสรรค์ใหม่ (Recreation) ผ่านภาษา พิธีกรรม เครือญาติ และการปรับตัวทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งทั้งหมดสะท้อนว่าโอก่องยังคงเป็นชุมชนที่มีชีวิต ไม่ใช่เพียงร่องรอยทางวัฒนธรรมที่กำลังเลือนหายไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติและเชิงนโยบาย ควรจัดตั้งห้องเรียนภาษาโอก่องหรือกิจกรรมเสริมในโรงเรียนท้องถิ่น โดยมีผู้สูงอายุเป็นผู้ถ่ายทอด และจัดทำสื่อประกอบ เช่น สมุดคำศัพท์ พจนานุกรมขนาดย่อ หรือคลิปเสียงวิดีโอ เพื่อให้เยาวชนได้เรียนรู้และนำไปใช้จริงในชีวิตประจำวัน

2. ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการและการวิจัยในอนาคต ควรมีการวิจัยเชิงเปรียบเทียบข้ามพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดอุทัยธานี) เพื่อเห็นความแตกต่างในการปรับตัวและการธำรงอัตลักษณ์ของกลุ่มโอก่อง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้นำชุมชนบ้านละว้าใหม่ (บ้านคอกควาย) ทั้งผู้ใหญ่บ้าน ผู้นำพิธีกรรม และผู้สูงอายุที่ได้กรุณาให้ข้อมูล ถ่ายทอดภูมิปัญญา และเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้วิถีชีวิตดั้งเดิมของกลุ่มชาติพันธุ์ละว้า (โอก๋อง) ด้วยความจริงใจ นอกจากนี้ ยังขอขอบคุณ เยาวชนและสมาชิกในชุมชนทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์ และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมภาคสนาม อันเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อ องค์การบริหารส่วนตำบลทองหลาง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย รวมถึงคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ที่เป็นฐานวิชาการและแหล่งสนับสนุนองค์ความรู้ ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ครอบครัวและเพื่อนร่วมงาน ที่ให้กำลังใจและแรงสนับสนุนในทุกขั้นตอนของการทำวิจัยครั้งนี้ หากงานวิจัยนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาในโอกาสต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมศิลปากร. (2518). *ชีวิตและงานของสุนทรภู่*. กรุงเทพมหานคร: กรมศิลปากร.

ฉวีวรรณ ศิริปิมา. (2552). *โครงการศึกษาแนวทางการพัฒนาศูนย์ละว้า (โอก๋อง) ให้เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ทางด้านภาษา วัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่นบ้านกกเชียง ตำบลห้วยขมิ้น อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ธีรวัฒน์ รังแก้ว. (2564*). เยือนถิ่นละว้าบ้านกกเชียง จ.สุพรรณบุรี ฟื้นฟู 'พิพิธภัณฑ์มีชีวิต' ที่กำลังจะหมดลมหายใจ!! สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (ออนไลน์)*. สืบค้นเมื่อ 19 พฤษภาคม 2568 จาก https://web.codi.or.th/20211101-28246/

มนัส ขุนณรงค์ และคณะ. (2549*). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาและฟื้นฟูภาษา-วัฒนธรรมละว้า (โอก๋อง) บ้านกกเชียง ตำบลห้วยขมิ้น อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). (เอกสารอัดสำเนา)

มยุรี ถาวรพัฒน์. (2540). *สารานุกรมกลุ่มชาติพันธุ์: โอก๋อง (อุโอก๋อง)*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยภาษาและวัฒนธรรมเพื่อพัฒนาชนบท มหาวิทยาลัยมหิดล.

มยุรี ถาวรพัฒน์. (2558). *รายงานความก้าวหน้าการดำเนินโครงการบันทึกรวบรวมเพื่อการสงวนรักษาภาษาและภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มชาติพันธุ์ภาษาโอก๋อง (Gong)*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรม. (เอกสารอัดสำเนา)

Bourdieu, P. (1977). *Outline of a theory of practice*. Cambridge: Cambridge University Press.

โอกาสและความท้าทาย: การส่งเสริมและพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของภาครัฐและภาคเอกชนแก่ชุมชนพื้นที่สูง อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา

Opportunities and challenges: The promotion and development of quality arabica coffee by public and private sectors in Phayao Province

สุธินี ชุติมากุลทวี[1] บัญชา พุฒิวนากุล[1*] วรรณาภา ทองแดง[2] อทิตยา ดวงอำไพ[1] และ รักเกียรติ อินทับทัน[1]

Suthinee Chutimakulthawee[1], Bancha Bhutwanakul[1*], Atittaya Duangamphai[2], Rattkiat Intabtan[1] and Wannapa Tongdaeng[1]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดำเนินการส่งเสริมและพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของภาครัฐและภาคเอกชน และเพื่อวิเคราะห์โอกาสกับความท้าทายที่มีผลต่อการพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพแก่ชุมชนพื้นที่สูง อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักจากภาครัฐและภาคเอกชน จำนวน 30 ท่าน ด้วยวิธีการจัดกลุ่มสนทนา (Focus Group Discussion) กลุ่มตัวแทนภาครัฐ ได้แก่ สำนักงานเกษตรจังหวัดฯ กรมวิชาการเกษตร และสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง กลุ่มภาคเอกชน ได้แก่ โรงคั่วกาแฟในพะเยา สหกรณ์การเกษตรฯ และเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ปลูกกาแฟอำเภอแม่ใจ

ผลการศึกษาพบว่า เครือข่ายภาครัฐมีการดำเนินงานในรูปแบบของการสนับสนุนองค์ความรู้ งบประมาณ และการสร้างมาตรฐาน ส่วนภาคเอกชน โดยเฉพาะเกษตรกรและผู้ประกอบการแปรรูป มีบทบาทสำคัญในการยกระดับคุณภาพผ่านกระบวนการผลิตแปรรูปอย่างพิถีพิถัน โอกาสสำคัญในการพัฒนากาแฟคุณภาพ ได้แก่ ศักยภาพของพื้นที่ ความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นสำหรับกาแฟพิเศษ (Specialty Coffee) และการส่งเสริมของภาครัฐอย่างเป็นรูปธรรมต่อเนื่องจะช่วยยกระดับชุมชนมีกาแฟที่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตาม ความท้าทาย ประกอบด้วย การขาดแคลนแรงงานเกษตรกรรุ่นใหม่ในอนาคต การเข้าถึงเทคโนโลยีและแหล่งเงินทุน ความผันผวนของราคาตลาด และความร่วมมือในการสร้างอัตลักษณ์เฉพาะ

คำสำคัญ: กาแฟอาราบีก้า, กาแฟคุณภาพที่ยั่งยืน, โอกาสกับความท้าทาย, โรงคั่วกาแฟพะเยา

[1] หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต (การจัดการนวัตกรรมสาธารณะ) คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต (พัฒนาสังคม) คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Bachelor of Public Administration (Public Innovation Management), School of Political and Social Sciences, University of Phayao, Phayao 56000

[2] Bachelor of Arts Program in Social Development, School of Political and Social Sciences, University of Phayao, Phayao 56000

* Corresponding author: Banch.bh@up.ac.th

Abstract

This research aims to study the promotion and development of quality Arabica coffee by the public and private sectors, and to analyze the opportunities and challenges affecting the development of quality Arabica coffee for highland communities in Mae Chai District, Phayao Province. This research used a qualitative research method by collecting data from in-depth interviews with 30 key stakeholders from the public and private sectors and three focus group discussions. These included the public sector, the Provincial Agricultural Office, the Department of Agriculture, the Highland Research and Development Institute (Public Organization), the private sector, coffee roasters in Phayao, the Muang Agricultural Cooperative, and a network of community enterprise groups in key coffee-growing areas in Mae Chai District, namely Ban Pang Pu Lo, Pha Daeng, and Pa Miang.

The study found that the government and network organizations are supporting this through knowledge, budgets, and standardization. The private sector, particularly farmers and processors, plays a key role in enhancing quality through meticulous production and processing processes. Key opportunities for developing quality coffee lie in the potential of the area and the tangible promotion of these organizations, which will enhance communities' access to quality coffee. Although the climate is less favorable than in other northern provinces, market demand for specialty coffee is increasing. However, key challenges include a future shortage of young agricultural workers, access to technology and funding, market price volatility, and the creation of collaborative networks that will continue to create unique identities.

Keywords: Arabica coffee, Quality coffee sustainable, Opportunities and challenges, Phayao coffee roaster

บทนำ

กาแฟอาราบีก้า (Coffee arabica) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและมีศักยภาพสูงในการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรและชุมชนในภาคเหนือของประเทศไทย ด้วยสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของกาแฟคุณภาพสูง ซึ่งโดยทั่วไปพื้นที่สำหรับการปลูกกาแฟอาราบีก้าคุณภาพควรมีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 800 เมตรขึ้นไป เพื่อให้กาแฟสามารถพัฒนาเมล็ดพันธุ์ที่มีรสชาติและกลิ่นอันเป็นเอกลักษณ์และซับซ้อนได้เต็มที่ (Wrigley, 1988; Illy & Viani, 2005) การปลูกในพื้นที่สูงส่งผลให้อุณหภูมิผันผวนระหว่างวันอย่างเหมาะสม ทำให้เมล็ดกาแฟเจริญเติบโตช้าลง มีความหนาแน่นสูงขึ้น และเกิดการสะสมของน้ำตาลและสารประกอบอะโรมาติกได้ดี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของกาแฟ (Escalante et al., 2013) สำหรับจังหวัดพะเยาเป็นหนึ่งในจังหวัดทางภาคเหนือที่มีศักยภาพโดดเด่นในการผลิตกาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพ ด้วยสภาพภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อนและมีพื้นที่สูงจำนวนไม่มาก แต่หลายพื้นที่ตอบสนองต่อเงื่อนไขการปลูกกาแฟคุณภาพสูงดังกล่าวเช่น ชุมชนหมู่บ้านปางปูเลาะ ผาแดง ป่าเมี่ยงมีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 800 เมตร ปัจจุบันจังหวัดพะเยาได้มีการปลูกและพัฒนากาแฟอาราบีก้าที่มีหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชนส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในชุมชนหลักของอำเภอแม่ใจดังกล่าว เป็นแหล่งปลูกสำคัญที่มีสภาพภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยที่สำคัญของจังหวัด เกษตรกรเองมีประสบการณ์และปลูกมายาวนานภายหลังนโยบายให้เลิกปลูกฝิ่นและทำการเกษตรพื้นที่สูง การสำรวจเบื้องต้น พบว่าปัจจุบันจังหวัดพะเยา ชุมชนหมู่บ้านปางปูเลาะ บ้านผาแดง และบ้านป่าเมี่ยง ปลูกกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สูงจากน้ำทะเล 1,000 เมตร มีพื้นที่ปลูกประมาณ 330 ไร่ ผลผลิตรวมอยู่ที่ 224.4 ตัน จะเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคมของทุก ๆ ปี (สำนักงานเทศบาลตำบลศรีถ้อย จังหวัดพะเยา, 2566) และแนวโน้มของกาแฟได้รับความสนใจที่

หลากหลาย โดยปัจจุบันมีการปลูกกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าในพะเยาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งตัวเลขดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความตื่นตัว ข้อจำกัดและโอกาสในการพัฒนาเชิงอุตสาหกรรมกาแฟในพื้นที่เพื่อมุ่งสู่การผลิตกาแฟพิเศษ (Specialty Coffee) อย่างจริงจัง แบบเน้นคุณภาพ “จิ้วแต่แจ๋ว” การเติบโตของอุตสาหกรรมกาแฟในจังหวัดพะเยาได้รับแรงขับเคลื่อนจากทั้งภาครัฐและโดยเฉพาะภาคเอกชนที่เข้ามามีบทบาทในการสนับสนุนส่งเสริมตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การสนับสนุนด้านองค์ความรู้ทางวิชาการและการพัฒนาสายพันธุ์ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การแปรรูปเบื้องต้นและการเพิ่มมูลค่า ไปจนถึงการส่งเสริมการตลาดและช่องทางการจำหน่าย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาอุตสาหกรรมกาแฟเชิงคุณภาพยังคงเผชิญทั้งโอกาสและความท้าทายหลายประการ อาทิ ปัญหาด้านการผลิตที่ยังขาดมาตรฐานสากลและองค์ความรู้ที่เฉพาะเจาะจง การบริหารจัดการคุณภาพและปริมาณผลผลิตอย่างสม่ำเสมอ การเข้าถึงเทคโนโลยีการแปรรูปที่ทันสมัย การสร้างแบรนด์ที่เป็นที่รู้จักในระดับประเทศและหรือต่างประเทศ ขณะเดียวกันความสามารถในการแข่งขันในตลาดกาแฟพิเศษที่มีความหลากหลายและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (กาญจนา แก้วอำพร และคณะ, 2562; Specialty Coffee Association, 2022) ด้วยเหตุนี้ การทำความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของผู้เล่นหลักในระบบนิเวศทางเศรษฐกิจของกาแฟพะเยา ทั้งหน่วยงานภาครัฐในฐานะผู้กำหนดนโยบาย ผู้อำนวยความสะดวก และผู้สนับสนุน และภาคเอกชนซึ่งประกอบด้วยเกษตรกรผู้ปลูก ผู้ประกอบการแปรรูป ผู้คั่วบด และผู้จำหน่าย ตลอดจนการระบุถึงโอกาสที่จะสามารถขยายผลการพัฒนาและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพ และความท้าทายที่ (ควร) ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนในการส่งเสริมและพัฒนากาแฟเชิงอัตลักษณ์ (เฉพาะของพะเยา) จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยเหล่านี้อย่างเป็นระบบ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการวางแผนและกำหนดทิศทางการพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของจังหวัดพะเยาให้เติบโตอย่างยั่งยืน มีคุณภาพ สร้างมูลค่าเพิ่ม และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดกาแฟพิเศษได้ ตลอดจนเพื่อยกระดับความเป็นอยู่ของเกษตรกร สร้างรายได้หมุนเวียน และเสริมสร้างเศรษฐกิจของจังหวัดพะเยาให้เข้มแข็งต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการดำเนินการส่งเสริมและพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของภาครัฐและภาคเอกชน อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา

2. เพื่อวิเคราะห์โอกาสกับความท้าทายที่มีผลต่อการพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพแก่ชุมชนพื้นที่สูง อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา

แนวคิดและทฤษฎี

การวิจัยนี้ทบทวนแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพืชเศรษฐกิจเชิงคุณภาพ และการทำงานร่วมกันระหว่างภาครัฐและเอกชน ดังนี้

1. แนวคิดการพัฒนาห่วงโซ่มูลค่า (Value Chain Development)

ห่วงโซ่มูลค่าคือ ชุดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกันซึ่งองค์กรภาครัฐ เอกชนดำเนินงานเพื่อสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์หรือบริการ ส่งเสริมและพัฒนา โดยมีจุดมุ่งหมายคือการวิเคราะห์ขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การผลิต การแปรรูป การตลาด ไปจนถึงการกระจายจำหน่ายสินค้า และทำความเข้าใจว่าขั้นตอนเหล่านี้สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ได้อย่างไร (Porter, 1985) โดยกิจกรรมที่ช่วยสนับสนุนกิจกรรมดังกล่าวให้เกิดขึ้นได้ ประกอบด้วย การจัดซื้อหาจัดวัตถุดิบที่มีคุณภาพในราคาที่เหมาะสม การพัฒนาทางเทคโนโลยีที่ใช้ในการออกแบบเทคนิคการผลิต การสรรหา

บุคลากรที่สามารถขับเคลื่อนกลยุทธ์ขององค์การ และโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรที่มีระบบการบริหารจัดการที่สนับสนุนการดำเนินงาน (Tardi, 2025)

ในบริบทของกาแฟปัจจุบันการเพิ่มมูลค่าไม่ได้จำกัดอยู่เพียงปริมาณ แต่ยังรวมถึงคุณภาพ การสร้างแบรนด์ (ตราสินค้า) การรับรองมาตรฐาน และการเข้าถึงตลาดเฉพาะ (Specialty Market) การทำความเข้าใจห่วงโซ่มูลค่ากาแฟจะช่วยระบุจุดแข็งและจุดอ่อนในแต่ละขั้นตอน และหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพและมูลค่าเพิ่มให้กับกาแฟในจังหวัดพะเยา

2. แนวคิดการพัฒนากาแฟพิเศษ (Specialty Coffee Development)

กาแฟพิเศษ คือ แหล่งปลูก และเมล็ดกาแฟที่ปลูกในสภาพภูมิประเทศที่เฉพาะเจาะจง มีคุณภาพสูงไร้ที่ติ และมีรสชาติหรือกลิ่นที่โดดเด่นไม่เหมือนใคร (Specialty Coffee Association, 2022) การพัฒนากาแฟพิเศษจึงเกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพในทุก ๆ ขั้นตอน อาจรวมตั้งแต่องค์กรสนับสนุน การคัดเลือกสายพันธุ์ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวอย่างพิถีพิถันหรือบรรจงประณีต การแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีที่เหมาะสมแบบสากลนิยม เช่น Washed, Natural, Honey Process การคั่วที่ได้มาตรฐาน ไปจนถึงการเตรียมและการนำเสนอต่อผู้บริโภค การเข้าใจแนวคิดนี้จะช่วยวิเคราะห์ว่าภาครัฐและเอกชนพะเยามีแนวทางในการยกระดับคุณภาพกาแฟสู่ระดับกาแฟพิเศษอย่างไร และมีอุปสรรคอย่างไร ซึ่งกาแฟแม่ใจพะเยาดังกล่าวก็ควรได้รับกาพัฒนาให้มีคุณภาพและเป็นอัตลักษณ์ต่อไป

3. ทฤษฎีบทบาทและปฏิสัมพันธ์ระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน (Public–Private Partnership)

ทฤษฎีนี้กล่าวถึงความร่วมมือระหว่างหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนในการดำเนินโครงการหรือพัฒนาบริการสาธารณะที่ซับซ้อนเกินกว่าฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งจะดำเนินการได้สำเร็จเพียงฝ่ายเดียว (Warner & Hefetz, 2008) เพื่อแบ่งปันความเสี่ยงตามความเชี่ยวชาญและความสามารถในการจัดการของฝ่ายที่สามารถจัดการได้ดีกว่า ในแง่ภาครัฐที่มีนโยบาย กฎระเบียบเพื่อประโยชน์สาธารณะ ส่วนภาคเอกชนมีความคล่องตัว ความเป็นนวัตกรรม และมีประสิทธิภาพในการจัดการได้ดีกว่า ซึ่งความร่วมมือระหว่างรัฐและเอกชนในด้านโครงสร้างพื้นฐานที่อาศัยเงินทุนจากภาคเอกชนได้รับความนิยมอย่างมาก ทั้งนี้ ความร่วมมือเป็นไปในได้ในหลายระดับ ได้แก่ ระดับโครงการ ระดับวิธีการส่งมอบ ระดับนโยบาย ระดับการกำกับดูแล และระดับบริบททางวัฒนธรรม (Hodge & Greve, 2016)

ในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมกาแฟ ความร่วมมือดังกล่าวครอบคลุมตั้งแต่การกำหนดนโยบาย การสนับสนุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน การวิจัยและพัฒนา การถ่ายทอดเทคโนโลยี การสร้างมาตรฐาน ไปจนถึงการส่งเสริมการตลาด การวิเคราะห์บทบาทและรูปแบบความร่วมมือของทั้งสองภาคส่วนจะช่วยให้เห็นภาพรวมของความสำเร็จและข้อจำกัดในการพัฒนากาแฟพะเยา การนำกรอบแนวคิดนี้มาใช้จะช่วยในการจัดหมวดหมู่และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย เพื่อระบุโอกาสและสร้างกลยุทธ์ในการรับมือกับความท้าทายในการพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของจังหวัดพะเยา

วิธีวิทยาการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ที่มุ่งเน้นการทำความเข้าใจปรากฏการณ์เชิงลึกในบริบทของการส่งเสริมและพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของภาครัฐและเอกชนในจังหวัดพะเยา ดังนี้

1. การคัดเลือกพื้นที่และกลุ่มผู้ให้ข้อมูล พื้นที่ศึกษาจังหวัดพะเยา มีชุมชนบ้านปางปูเลาะ ผาแดง และป่าเมี่ยงเป็นพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบีก้ามานาน มีภูมิศาสตร์ที่เหมาะสม ที่สำคัญที่มีศักยภาพในการผลิตกาแฟคุณภาพ สำหรับกลุ่มผู้ให้ข้อมูล เป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายและครอบคลุม

กล่าวคือ ตัวแทนจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการเกษตร การพัฒนาเศรษฐกิจ การส่งเสริมการลงทุน การท่องเที่ยว และสถาบันการศึกษาในพื้นที่ จำนวน 10 ท่าน ประกอบด้วย กลุ่มผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบจาก สำนักงานเกษตรจังหวัด กรมวิชาการเกษตร สำนักงานพาณิชย์จังหวัด องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ปลูกกาแฟ มหาวิทยาลัยพะเยา สำหรับกลุ่มภาคเอกชน จำนวน 10 ท่าน ประกอบด้วย ผู้จัดการและหุ้นส่วนโรงคั่วกาแฟ ซึ่งคัดเลือกจากผู้ประกอบการที่มีความเชี่ยวชาญด้านการแปรรูปและคั่วกาแฟคุณภาพ ส่วนกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบีก้าคุณภาพในพื้นที่ และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ คัดเลือกจากเกษตรกรรายเดี่ยวและผู้นำกลุ่มในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีประสบการณ์และมีผลงานด้านการผลิตกาแฟคุณภาพ การแปรรูป การคั่วและจำหน่ายกาแฟ รวมถึงการตลาด การจัดกลุ่มสนทนา (Focus Group Discussion) จำนวน 10 คน เพื่อระดมความเห็นและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในประเด็นโอกาสและความท้าทาย โดยจะประกอบด้วยกลุ่มดังกล่าวคือ เกษตรกรผู้ปลูกที่หลากหลายระดับ ผู้ประกอบการรายย่อย และผู้มีส่วนร่วมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกาแฟข้างต้น

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แนวคำถามการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ทั้งรายบุคคลและการสนทนากลุ่ม ในส่วนการแบบสัมภาษณ์รายบุคคลพัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงจากวัตถุประสงค์การวิจัย แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครอบคลุมประเด็นบทบาทและนโยบายภาครัฐ แนวปฏิบัติและปัญหาของเกษตรกร ผู้ประกอบการ ศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่ โอกาสทางธุรกิจและความท้าทายที่สำคัญต่าง ๆ สำหรับแนวคำถามสำหรับกลุ่มสนทนา พัฒนาขึ้นเพื่อกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในประเด็นสำคัญที่อาจไม่ได้รับการกล่าวถึงในการสัมภาษณ์เดี่ยว รวมถึงการหาข้อสรุปในประเด็นของโอกาสและความท้าทายร่วมกัน ทั้งนี้ ในการสัมภาษณ์คณะผู้วิจัยได้ใช้เครื่องบันทึกเสียงบันทึกรายละเอียดในสมุดระหว่างการสัมภาษณ์และสนทนากลุ่ม และบันทึกถ่ายภาพประกอบการข้อมูลภาคสนามเพื่อเก็บภาพบรรยากาศ การสนทนา การเพาะปลูกและแปรรูปกาแฟเชิงคุณภาพ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล การศึกษาเอกสาร (Documentary review) ทบทวนเอกสาร แนวคิด นโยบาย แผนงาน และรายงานที่เกี่ยวข้องจากภาครัฐและเอกชน รวมถึงงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับกาแฟพะเยาและกาแฟพิเศษ โดยมีการสัมภาษณ์เชิงลึก ติดต่อประสานงานและนัดหมายกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึกโดยใช้แนวคำถามที่เตรียมไว้ บันทึกเสียงและจดบันทึกประเด็นสำคัญ ในขณะเดียวกันการจัดกลุ่มสนทนา จัดการประชุมกลุ่มสนทนาในพื้นที่ปลูกกาแฟและโรงคั่วกาแฟ โดยอำนวยความสะดวกให้ผู้เข้าร่วมได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้ใช้การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) (เท่าที่ทำได้) สังเกตการณ์กระบวนการผลิต การแปรรูป และการจำหน่ายในพื้นที่จริง เพื่อเสริมความเข้าใจข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และสนทนากลุ่ม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกและกลุ่มสนทนาจะถูกนำมาถอดความเป็นข้อความ (Transcription) จากนั้นนำมาจัดระเบียบข้อมูล (Organization) และดำเนินการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยมีขั้นตอน ดังนี้ การลดทอนข้อมูล (Data Reduction) อ่านทบทวนข้อมูลที่ถอดความเป็นข้อความทั้งหมดเพื่อระบุประเด็นหลักและประเด็นรองที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย การจัดหมวดหมู่และสร้างรหัสพร้อมกำหนดรหัส (Codes) ให้กับข้อมูลที่มีเนื้อหาคล้ายคลึงกัน จากนั้นนำรหัสเหล่านี้มารวมกันเป็นหมวดหมู่ และประเด็นหลัก (Themes) ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการส่งเสริมและพัฒนา โอกาส และความท้าทาย การสร้างข้อสรุป (Drawing Conclusions) สรุปผลจากหมวดหมู่และประเด็นที่ค้นพบ โดยเชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์การวิจัย และแนวคิดทฤษฎีเพื่อสร้างข้อค้นพบเชิงลึก อ้างอิงคำพูด (Quotation) จากผู้ให้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อสรุป การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) จากข้อมูลที่ได้จากหลายแหล่ง เช่น การสัมภาษณ์ การจัดกลุ่มสนทนา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษา

1. การดำเนินการส่งเสริมและพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของภาครัฐและภาคเอกชน อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา

การดำเนินการส่งเสริมและพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของภาครัฐและภาคเอกชนในจังหวัดพะเยา ข้อค้นพบจากภาครัฐเกี่ยวข้องกับนโยบายและมาตรการ พบว่า ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมการเกษตรแปลงใหญ่และพืชเศรษฐกิจทางเลือก โดยกาแฟอาราบีก้าถูกจัดเป็นพืชที่มีศักยภาพสูง สำหรับพะเยาก็มีพื้นที่สูงในอำเภออื่นที่มีศักยภาพในการส่งเสริมอย่างอำเภอเชียงคำ และอำเภอแม่ใจปลูกเป็นเวลานาน แม้จะแข่งขันกับที่อื่น ๆ ไม่ได้ในภาคเหนือทางด้านภูมิศาสตร์ก็ตาม แต่ชุมชนพื้นที่สูงปางปูเลาะ ผาแดง ป่าเมี่ยงก็ยังสามารถส่งเสริมให้กาแฟมีคุณภาพเชิงอัตลักษณ์ได้ ที่ผ่านมาก็มีโครงการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการผลิตที่ดี (GAP) และมีการแปรรูปเบื้องต้น (เช่น การหมัก การตาก) ผ่านหน่วยงานส่งเสริมการเกษตรและสถาบันการศึกษา จากคำสัมภาษณ์ของผู้บริหารกล่าวว่า *“สำนักงานเกษตรฯ มีพื้นที่รับผิดชอบทั้งจังหวัด ดูแลทั้งพืช สัตว์ ดินและน้ำจึงทำให้ไม่ทั่วถึงและเป็นการเฉพาะด้านได้”* (สัมภาษณ์ตัวแทนสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา, 2568) อีกงบประมาณำกัด การสนับสนุนด้านงบประมาณและโครงสร้างพื้นฐาน จึงมีการสนับสนุนงบประมาณบางส่วนสำหรับจัดซื้อเครื่องมืออุปกรณ์ในการแปรรูปเบื้องต้น โดยเกษตรกรเองก็ต้องพึ่งตนเองอีกด้วย

สหกรณ์การเกษตรเมืองฯ มีลานตากกาแฟ โกดังเก็บเมล็ดกาแฟกะลา และโรงเรือนตากกาแฟ (สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่เกษตรจังหวัดและสหกรณ์การเกษตรเมืองฯ, 2568) การสร้างมาตรฐานและการรับรอง ภาครัฐกำลังศึกษาสนับสนุนการขอใบรับรองมาตรฐาน GAP และการรับรองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) สำหรับกาแฟพะเยา (คล้ายกับลิ้นจี่แม่ใจ) เพื่อยกระดับคุณภาพและความน่าเชื่อถือ *“หากจะยกระดับกาแฟพะเยาก็ถือว่าเป็นโอกาส แต่ก็ต้องแลกกับปัจจัยอื่นที่จะตามมา คู่แข่ง ศักยภาพและการจัดการแปลงเกษตรกรที่จะเพิ่มพูนทักษะซึ่งเป็นสำคัญ”* (สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่สวพส, 2568) ในด้านข้อจำกัดของภาครัฐ การสนับสนุนจะยังคงกระจัดกระจาย ขาดแผนยุทธศาสตร์ที่บูรณาการทั้งต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ งบประมาณและบุคลากรไม่เพียงพอต่อการเข้าถึงเกษตรกรทุกกลุ่ม และการประสานงานระหว่างหน่วยงานยังไม่ราบรื่นนัก เพราะการดำเนินโครงการส่งเสริมของรัฐ ของเกษตรจังหวัดไม่ต่อเนื่อง (กลุ่มสนทนาเกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชนปางปูเลาะและผาแดง, 2568) สำหรับข้อค้นพบจากภาคเอกชน ด้านบทบาทเกษตรกร ในยุคแรก ๆ เกษตรกรไม่ได้เข้าใจกระบวนการกาแฟมากนัก รวมถึงการบริโภคไม่หลากหลาย ต่อมาเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟคุรวมตัวกันเป็นวิสาหกิจชุมชนผลิตกาแฟภาพ มีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้และปรับปรุงการผลิต มีการทดลองใช้วิธีการแปรรูปแบบต่าง ๆ ตามมาตรฐานสากล เช่น Natural, Honey Process มากขึ้น เพื่อสร้างรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ (สัมภาษณ์เกษตรกรบ้านปางปูเลาะ, 2568) มีการรวมกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และต่อรองราคาในระดับหนึ่ง บทบาทผู้ประกอบการแปรรูป คั่วและจำหน่าย ผู้ประกอบการในพื้นที่และนอกพื้นที่เริ่มให้ความสำคัญกับการคัดเลือกกะลา เมล็ดกาแฟดิบคุณภาพสูง มีการลงทุนในให้ความรู้ เช่นทดสอบกลิ่น รสกาแฟ (Cupping) และอุปกรณ์การคั่วที่ทันสมัย มีการสร้างแบรนด์กาแฟพะเยาของตนเอง (โรงคั่วกาแฟพะเยา กาแฟแม่ใจ) พยายามสร้างเรื่องราวของกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่า (สัมภาษณ์เจ้าของโรงคั่วกาแฟพะเยา, 2568) ด้านข้อจำกัดของภาคเอกชน การขาดแคลนองค์ความรู้เชิงลึกเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์แห่งกาแฟ เช่น การควบคุมคุณภาพการแปรรูปที่ละเอียดอ่อน การขาดแคลนเงินทุนในการลงทุนเครื่องจักร การเข้าถึงตลาดกาแฟพิเศษที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญ และความสามารถในการรวมกลุ่มที่ยังไม่เข้มแข็งพอที่จะสร้างอำนาจต่อรอง (กลุ่มสนทนาผู้ประกอบการในจังหวัดพะเยา, 2568)

2. โอกาสและความท้าทายที่มีผลต่อการพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของจังหวัดพะเยา

โอกาส (Opportunities) ศักยภาพของพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ: จังหวัดพะเยายังมีพื้นที่ป่าสูงที่เหมาะสมกับการปลูกกาแฟอาราบีก้าอีกมาก สภาพอากาศที่หนาวเย็นและปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการผลิตกาแฟคุณภาพ (ตัวแทนกรมพัฒนาที่ดิน, 2568; สัมภาษณ์) ตลาดกาแฟพิเศษที่เติบโต ความต้องการของผู้บริโภคสำหรับกาแฟพิเศษที่ยั่งยืน มีต้นกำเนิดชัดเจน และมีรสชาติ/กลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในและต่างประเทศ (Specialty Coffee Association, 2022) ซึ่งเป็นโอกาสในการสร้างมูลค่าเพิ่ม กระแสการท่องเที่ยวเชิงกาแฟ การท่องเที่ยวเชิงเกษตรและเชิงกาแฟสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เข้ามาสัมผัสประสบการณ์การปลูกและแปรรูปกาแฟ ซึ่งสามารถเป็นช่องทางในการสร้างรายได้และโปรโมทผลิตภัณฑ์ (สัมภาษณ์ผู้ประกอบการท่องเที่ยวในชุมชน, 2568) ด้านเทคโนโลยีการสื่อสารและ E-commerce การใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ช่วยให้เกษตรกรและผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงผู้บริโภคได้โดยตรง ลดการพึ่งพาคนกลาง ด้านความท้าทาย (Challenges) การขาดแคลนแรงงานในอนาคต พื้นที่และภูมิศาสตร์ยังเป็นข้อจำกัด การปลูกและแปรรูปกาแฟเชิงคุณภาพต้องใช้แรงงานและต้องใช้ความพิถีพิถัน แต่ปัจจุบันประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตร โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกล (กลุ่มสนทนาเกษตรกร, 2568) ด้านการเข้าถึงเทคโนโลยีและแหล่งเงินทุน เกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อยยังขาดเงินทุนในการลงทุนเทคโนโลยีและเครื่องจักรที่ทันสมัยสำหรับการแปรรูปเพื่อยกระดับคุณภาพ เช่น เครื่องแยกเมล็ดสี เครื่องคั่วมาตรฐาน และอุปกรณ์ทดสอบคุณภาพ (สัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลจากภาคสหกรณ์การเกษตรฯ, 2568) ด้านความผันผวนของราคาตลาด แม้กาแฟพิเศษจะราคาสูงกว่า แต่ยังมีความเสี่ยงจากความผันผวนของราคาเมล็ดกาแฟดิบจากปัจจัยต่าง ๆ และการแข่งขันกับกาแฟจากแหล่งผลิตอื่น ๆ ด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและมาตรฐานคุณภาพ การควบคุมคุณภาพตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การคัดเมล็ด การหมัก และการตากแห้ง ยังขาดองค์ความรู้และมาตรฐานที่สม่ำเสมอ ทำให้คุณภาพของเมล็ดกาแฟยังไม่คงที่ (สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการคั่วกาแฟ, 2568) ด้านการสร้างเครือข่ายและความร่วมมือ เครือข่ายความร่วมมือระหว่างเกษตรกร ผู้ประกอบการ และภาครัฐยังไม่เข้มแข็งและบูรณาการขาดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและแนวปฏิบัติที่ดีร่วมกันอย่างเป็นระบบ

สรุปผลและอธิปรายผล

การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า จังหวัดพะเยามีศักยภาพสูงในการพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพ โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชนบ้านปางปูเลาะ ผาแดง และป่าเมี่ยง หากได้รับการสนับสนุนจากภาคส่วนต่างๆ ในการพัฒนาคุณภาพกาแฟทั้งจากภาครัฐในการสนับสนุนด้านองค์ความรู้และโครงสร้างพื้นฐานเบื้องต้น ในขณะที่ภาคเอกชนมีความกระตือรือร้นในการยกระดับคุณภาพการผลิตและการแปรรูปอย่างต่อเนื่องตามกลไกการแข่งขันทางการตลาด อย่างไรก็ตาม ทั้งสองภาคส่วนยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการที่ต้องได้รับการแก้ไขเพื่อปลดล็อกศักยภาพสูงสุดของกาแฟในจังหวัดพะเยา สำหรับการอภิปรายผล แสดงให้เห็นว่าการดำเนินการของภาครัฐในปัจจุบัน แม้จะมีการสนับสนุนที่ดี แต่ยังขาดความเชื่อมโยงและกลยุทธ์ที่ครบวงจรตลอดห่วงโซ่มูลค่า (Porter, 1985) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการส่งเสริมกาแฟพิเศษที่ต้องการความละเอียดอ่อนและการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอน (Specialty Coffee Association, 2022) ความท้าทายที่พบ เช่น การขาดแคลนแรงงานและเงินทุน สอดคล้องกับปัญหาในภาคเกษตรของประเทศกำลังพัฒนาและเน้นย้ำถึงความจำเป็นของการลงทุนในเทคโนโลยีและบุคลากร นอกจากนี้ การขาดความร่วมมือที่เข้มแข็งยังเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งยืนยันความสำคัญของทฤษฎีความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน (Warner & Hefetz, 2008) การสร้างแบรนด์และการเข้าถึงตลาดกาแฟพิเศษนั้นจำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกัน การสร้างมาตรฐาน และการเล่าเรื่องราวที่น่าสนใจของกาแฟพะเยา

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและข้อสรุป สามารถเสนอแนะแนวทางการพัฒนาการส่งเสริมและพัฒนากาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพของภาครัฐและภาคเอกชนแก่ชุมชนพื้นที่สูง อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับภาครัฐ ควรจัดทำแผนยุทธศาสตร์และนโยบายส่งเสริมกาแฟพะเยาแบบบูรณาการ กำหนดทิศทางการพัฒนาที่ชัดเจน ครอบคลุมทั้งต้นน้ำ (การวิจัยสายพันธุ์ การจัดการแปลง) กลางน้ำ (การแปรรูป การสร้างมาตรฐาน) และปลายน้ำ (การตลาด การสร้างแบรนด์) โดยเน้นกาแฟคุณภาพ (พิเศษ) ด้านส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนา สนับสนุนงานวิจัยด้านสายพันธุ์กาแฟที่เหมาะสมกับพื้นที่ เทคนิคการเพาะปลูกแบบยั่งยืน การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปที่ได้มาตรฐานสากล (เช่น การใช้โรงเรือนตาก, เครื่องแยกเมล็ดอัตโนมัติ) โดยความร่วมมือกับสถาบันการศึกษาและภาคเอกชน พัฒนาระบบมาตรฐานและการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) สนับสนุนให้เกษตรกรเข้าสู่มาตรฐาน GAP, Organic ตลอดจนอันจะสร้างความเชื่อมั่นเพื่อให้ผู้บริโภคสามารถตรวจสอบย้อนกลับแหล่งที่มาและกระบวนการผลิตได้ สร้างความโปร่งใสและเพิ่มความน่าเชื่อถือ เข้าถึงแหล่งเงินทุนและเทคโนโลยี จัดตั้งกองทุนพิเศษ หรือโครงการสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำสำหรับเกษตรกรและผู้ประกอบการกาแฟเพื่อลงทุนในเทคโนโลยีและเครื่องจักรแปรรูปที่ทันสมัย รวมถึงการจัดหาผู้เชี่ยวชาญมาให้คำแนะนำ พัฒนาและส่งเสริมการตลาดเชิงรุก การสร้างแบรนด์ “กาแฟอาราบีก้าพะเยาคุณภาพ” “กาแฟแม่ใจคุณภาพ” หรือ “Specialty Coffee Phayao” “Specialty Mae Jai Coffee” ส่งเสริมการออกงานแสดงสินค้าทั้งในและต่างประเทศ จัดกิจกรรมส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงกาแฟ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับภาคเอกชน (เกษตรกรและผู้ประกอบการ) ควรรวมกลุ่มเพื่อสร้างอำนาจต่อรองและแลกเปลี่ยนความรู้ นอกจากการรวมกลุ่มที่เป็นวิสาหกิจชุมชนแล้ว ควรรวมกลุ่มกันเป็นสหกรณ์เพื่อเพิ่มอำนาจในการต่อรองราคา ซื้อ ปัจจัยการผลิต รวมถึงแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการผลิตกาแฟคุณภาพ ให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพตลอดห่วงโซ่ ตั้งแต่การคัดเลือกเมล็ด การเก็บเกี่ยว (มือ) การแปรรูป (Washed, Natural, Honey Process) การคั่ว และการบรรจุหีบห่อ เพื่อให้ได้กาแฟที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและมีเอกลักษณ์ การพัฒนาทักษะและความเชี่ยวชาญ เกษตรกรควรเข้ารับการอบรมและพัฒนาทักษะด้านการผลิตและการแปรรูปกาแฟคุณภาพ ผู้ประกอบการควรพัฒนาทักษะด้านการคั่วกาแฟ การสร้างรสชาติ (Profiling) และการประเมินคุณภาพ (Cupping) การสร้างเรื่องราวและอัตลักษณ์ (Storytelling and Identity) พัฒนาเรื่องราวของกาแฟจากแต่ละพื้นที่ปลูกเพื่อสร้างความผูกพันกับผู้บริโภคและเพิ่มคุณค่าทางอารมณ์ นำเสนออัตลักษณ์ของกาแฟพะเยาที่แตกต่างจากที่อื่นและการสร้างความร่วมมือกับภาครัฐและสถาบันการศึกษา เปิดรับการสนับสนุนจากภาครัฐและทำงานร่วมกับสถาบันการศึกษาในการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการสร้างนวัตกรรมเพื่อเศรษฐกิจและสังคมของกาแฟอาราบีก้าเชิงคุณภาพต่อชุมชนในจังหวัดพะเยา

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง โรงคั่วกาแฟพะเยา:ต้นแบบเครือข่ายบริหารและพัฒนานวัตกรรมเศรษฐกิจหมุนเวียนระหว่างภาคธุรกิจรัฐและชุมชนเพื่อสร้างอาชีพรายได้แก่เกษตรกรรุ่นใหม่เชิงพื้นที่ในจังหวัดพะเยาที่ครบวงจรและยั่งยืน ภายใต้แผนงานโครงการพัฒนาความเป็นเลิศของสถาบันอุดมศึกษาและพัฒนากำลังคนขั้นสูง (Reinventing University) มหาวิทยาลัยพะเยา ปีงบประมาณ พ.ศ.2568

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา แก้วอำพร, สมควร ศรีปัตถา, และปรียาภรณ์ ชัยพิสิฐผล. (2562). การวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่ากาแฟอาราบีก้าในจังหวัดเชียงราย. *วารสารปัญญาภิวัฒน์, 11*(1), หน้า 195–207.

Escalante, T., Garcia, C., & Valencia, L. (2013). Coffee Production in Colombia: Quality Factors. *Agronomia Colombiana, 31*(2), 263–272.

Hodge, G.A. & Greve, C. On Public–Private Partnership Performance: A Contemporary Review. *Public Works Management & Policy, 22*(1). {Internet}. Accessed 2016 November 15. Available From: https://doi.org/10.1177/1087724X16657830

Illy, A., & Viani, R. (Eds.). (2005). *Espresso Coffee: The Science of Quality*. Elsevier.

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.

Specialty Coffee Association. *The Specialty Coffee Lexicon.* {Internet}. Accessed 2022 November 10. Available From: [URL of SCA Lexicon, if available].

Tardi, C. Value Chain: Definition, Model, Analysis, and Example. {Internet}. Accessed 2025 Noveber10. Available From: https://www.investopedia.com/terms/v/valuechain.asp.

Warner, M., & Hefetz, A. (2008). Public–private partnerships and the future of public services: From better to worse?. *The American Review of Public Administration, 38*(2), 146–161.

Wrigley, G. Coffee. (1988). *Tropical Agricultural Series*. Longman Scientific & Technical.

การพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Development of an online car booking system, Faculty of Education, Naresuan University

หนึ่งฤทัย แก้วดวงเล็ก[1*]

Nungruthai Kheawdonglek[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 2) เพื่อสร้างและหาคุณภาพระบบจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 3) เพื่อทดลองใช้และศึกษาประสิทธิภาพระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และ 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยบุคลากรสายวิชาการ สายสนับสนุน สโมสรนิสิต และบุคลากรจากหน่วยงานอื่นในมหาวิทยาลัย รวม 25 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม และระบบจองรถออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยพบว่า 1) ปัญหาการจองรถพบว่าการจองใช้รถระบบเก่า (Manual) เป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากและไม่มีการอัปเดตข้อมูลการจองว่ามีผู้จองหรือไม่ (ตารางว่าง/ไม่ว่าง) ส่งผลให้เกิดปัญหาการจองซ้ำซ้อน และมีความต้องการระบบการจองรถแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถช่วยให้กระบวนการจองมีประสิทธิภาพมากขึ้น และทำให้ผู้ใช้ทุกคนสามารถเข้าถึงข้อมูลการจองได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว 2) ระบบการจองรถที่พัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ภาษา PHP และฐานข้อมูล MariaDB ประกอบด้วย 4 โมดูลหลัก ได้แก่ 1) การล็อกอิน 2) การบันทึกและจัดเก็บข้อมูล 3) การจัดการข้อมูล และ 4) การรายงานข้อมูลพร้อมฟังก์ชันค้นหาอัตโนมัติ การจัดการเอกสาร และการรายงานแบบเรียลไทม์ ซึ่งมีความเหมาะสมของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.65, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54) 3) ผลการทดลองใช้ระบบการจองรถออนไลน์ พบว่า มีประสิทธิภาพระบบสามารถปฏิบัติได้อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.28, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.08) และ 4) ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้ใช้งานภาพรวมอยู่ในระดับมาก(ค่าเฉลี่ย 4.28, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.04)

คำสำคัญ: ระบบการจอง, ยานพาหนะ, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

[1] คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Faculty of Education Naresuan University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author: nungruthaik@nu.ac.th

Abstract

This research aimed to: (1) study the problems and development approaches for the Faculty of Education's online vehicle reservation system at Naresuan University; (2) design and assess the quality of the online vehicle reservation system (3) pilot and evaluate the effectiveness of the online vehicle reservation system and (4) assess users' satisfaction with the online vehicle reservation system. The sample group consisted of 25 participants, including academic and support staff, student union representatives, and personnel from other university units. The research instruments included semi-structured interview guides, questionnaires, and the developed online vehicle reservation system, system appropriateness evaluation form, and satisfaction questionnaire. The findings revealed that the previous manual reservation process was complicated and lacked real-time updates regarding vehicle availability (available/unavailable), leading to overlapping and duplicate bookings. A study of approaches revealed a strong need for an electronic reservation system that could make the booking process more efficient and provide users with quick and convenient access to reservation information. The system was developed as a web-based application using PHP and a MariaDB database, consisted of four main modules: login, data recording and storage, data management, and data reporting. It featured automatic search functions, document management, and real-time reporting. The overall system quality was rated at the highest level (mean = 4.65, SD = 0.54). The pilot implementation showed that the system performed efficiently at a high level (mean = 4.28, SD = 0.08). User satisfaction with the system was also at a high level overall (mean = 4.28, SD = 0.04).

Keywords: Reservation system, vehicle, Faculty of Education Naresuan University

บทนำ

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในทุกภาคส่วนของการบริหารจัดการ โดยเฉพาะในองค์กรภาครัฐและสถาบันอุดมศึกษา ที่มีความจำเป็นต้องปรับตัวเข้าสู่ระบบดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ลดขั้นตอนที่ซับซ้อน และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานในยุคใหม่ (ปิยะดา อ่อนละมูล, 2563) ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ เช่น ระบบจองห้องประชุม ระบบบริหารทรัพยากรบุคคล รวมถึงระบบจองรถยนต์ราชการล้วนเป็นตัวอย่างของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการทำงานในภาคราชการให้มีความทันสมัย โปร่งใส และตรวจสอบได้

ในบริบทของคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร การใช้ยานพาหนะเพื่อปฏิบัติงานนอกสถานที่เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ทั้งในระดับบุคลากรภายในคณะ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาในโครงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ การขอใช้รถยนต์ภายใต้ระบบปัจจุบันมีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ การใช้แบบฟอร์มกระดาษที่ต้องเดินเอกสารข้ามฝ่าย การสื่อสารที่ไม่เป็นระบบ และการขาดระบบติดตามสถานะการจอง ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ความซ้ำซ้อน และข้อผิดพลาดในการประสานงาน โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้รถสูงพร้อมกันหลายราย (วรรณา พูลสวัสดิ์, 2565)

จากการศึกษาของ Sain, Z.H., & Lama, A. (2024). ชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาระบบจองรถออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีเว็บไซต์ (Web-based) ร่วมกับระบบฐานข้อมูลกลาง สามารถลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการได้ถึง 40% และเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุมัติคำขอถึง 60% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม นอกจากนี้ยังพบว่า

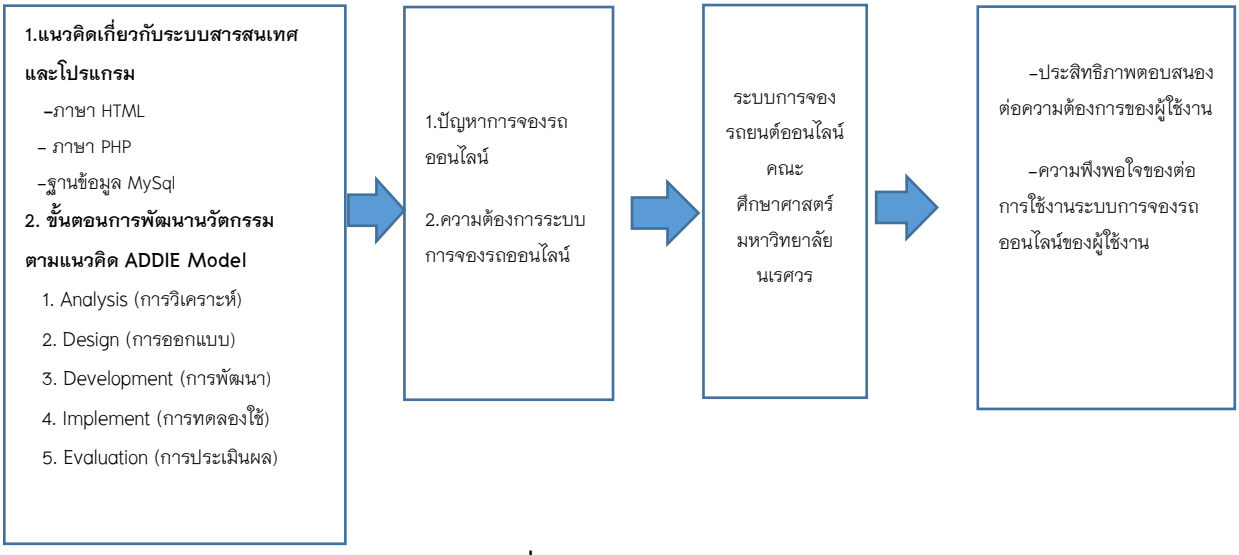
ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากความสามารถในการตรวจสอบสถานะ ติดตามประวัติการใช้งาน และการเข้าถึงระบบได้ตลอดเวลา ทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพาในประเทศไทย เริ่มมีการนำระบบจองรถราชการออนไลน์มาใช้ในบางมหาวิทยาลัย เช่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพบว่าสามารถลดปริมาณเอกสารงานธุรการลงกว่า 70% และช่วยให้ผู้บริหารสามารถวางแผนการใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, 2562)

ด้วยเหตุนี้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดภาระของบุคลากรที่ปฏิบัติหน้าที่หน่วยยานพาหนะ อีกทั้งเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการและส่งเสริมการบริหารจัดการยานพาหนะอย่างเป็นระบบ โปร่งใส และตรวจสอบได้ ตลอดจนสามารถเก็บข้อมูลย้อนหลังเพื่อนำไปใช้วิเคราะห์และวางแผนการใช้ทรัพยากรในอนาคตอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพระบบจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. เพื่อทดลองใช้ระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย จำแนกตามขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา (R&D) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปัญหาและความต้องการการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

แหล่งข้อมูล ประกอบด้วย บุคลากรสายวิชาการ บุคลากรสายสนับสนุนสโมสรนิสิต คณะศึกษาศาสตร์ และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย(นอกสังกัดคณะศึกษาศาสตร์) จำนวน 25 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ปัญหาและความต้องการการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การเก็บรวบรวมข้อมูล ทำการสัมภาษณ์ตามประเด็นที่กำหนดในแบบสัมภาษณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างและหาประสิทธิภาพระบบจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

แหล่งข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศ จำนวน 3 คน

เครื่องมือ แบบประเมินประสิทธิภาพระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตามองค์ประกอบของรูปแบบ 5 ด้าน จำนวน 25 ข้อ คือ ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement) จำนวน 5 ข้อ ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function Test) จำนวน 5 ข้อ ด้านความง่ายต่อการใช้งาน(Usability Test) จำนวน 5 ข้อ ด้านประสิทธิภาพ (Performance) และด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security) จำนวน 5 ข้อ และผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล นำระบบที่สร้างขึ้นไปให้เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะและปรับตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดำเนินการประเมินแบบประเมินคุณภาพประสิทธิภาพความเหมาะสม ความถูกต้อง ความครบถ้วนของฟังก์ชัน รวมถึงความปลอดภัยของระบบ

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้การพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

แหล่งข้อมูล ประกอบด้วยบุคลากรสายวิชาการ บุคลากรสายสนับสนุน สโมสรนิสิต คณะศึกษาศาสตร์ และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย(นอกสังกัดคณะศึกษาศาสตร์) จำนวน 25 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือ แบบสอบถามประสิทธิภาพตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 25 ข้อ ด้านความง่ายในการใช้งาน (Usability) จำนวน 5 ข้อ ด้านความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy) จำนวน 5 ข้อ ด้านความครบถ้วนของฟังก์ชัน (Functionality Completeness) จำนวน 5 ข้อ ด้านความเหมาะสมของการออกแบบหน้าจอใช้งาน (UI/UX Design) จำนวน 5 ข้อ และด้านความรวดเร็วและเสถียรภาพของระบบ (Performance & Stability) จำนวน 5 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทดลองใช้ระบบ (Try-out) ผู้วิจัยติดตั้งระบบการจองรถออนไลน์ (ฉบับทดลอง) บนเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถเข้าถึงผ่านอินเทอร์เน็ตได้พร้อมจัดทำคู่มือการใช้งานแบบย่อประกอบการทดลองใช้ แล้วส่งลิ้งค์แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพระบบสำหรับผู้ทดลองใช้งานประเมิน

การวิเคราะห์ข้อมูล หาค่าความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)หาค่าเฉลี่ย (Mean) หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.)

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาความพึงพอใจในระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

แหล่งข้อมูล ประกอบด้วยบุคลากรสายวิชาการ บุคลากรสายสนับสนุน สโมสรนิสิต คณะศึกษาศาสตร์ และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย(นอกสังกัดคณะศึกษาศาสตร์) จำนวน 25 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือ ได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจในระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

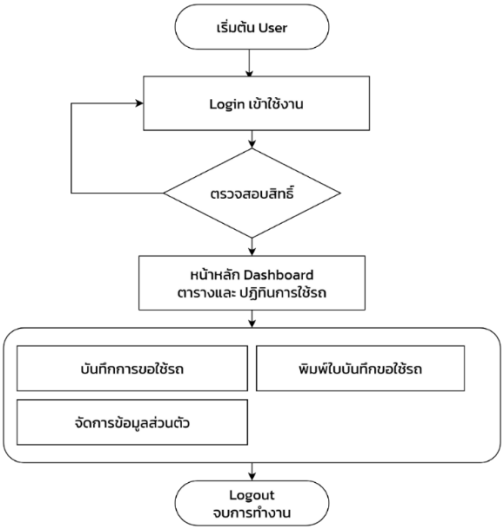
การเก็บรวบรวมข้อมูล แจกแบบสอบถามให้กลุ่มเป้าหมายโดยส่งลิ้งค์แบบสอบถามออนไลน์ผ่านระบบ Google Form ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามก่อนนำไปวิเคราะห์การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจโดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัย

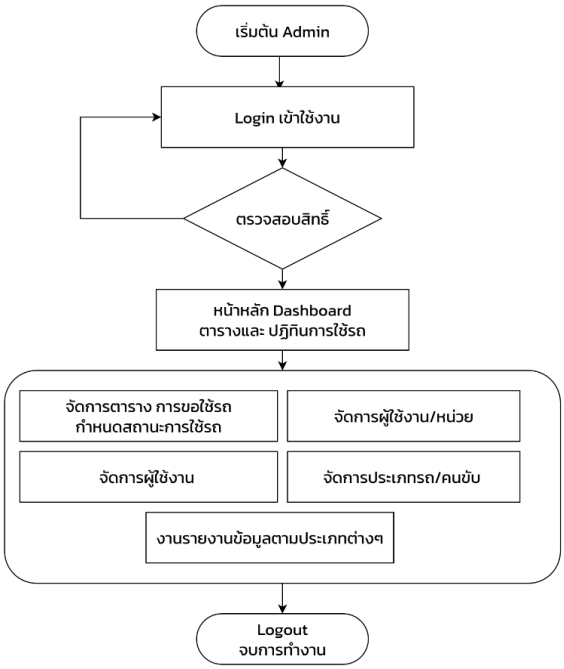
การนำเสนอผลการศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาทำการนำเสนอตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนี้

1. ผลการศึกษาปัญหาและความต้องการการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า 1) ปัญหาระบบการจองรถในปัจจุบันยังคงใช้วิธีการจองผ่านเอกสารและการติดต่อด้วยวาจา ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาหลายประการ ได้แก่ ความล่าช้าในการดำเนินงาน ข้อมูลซ้ำซ้อน ขาดความแม่นยำในการจัดสรรรถราชการไม่สามารถตรวจสอบสถานะการใช้งานรถได้แบบเรียลไทม์ และขาดระบบจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ 2) ผู้ใช้งานมีความต้องการระบบจองรถแบบออนไลน์ที่สามารถใช้งานได้ทุกที่ ทุกเวลา มีระบบแจ้งเตือนสถานะคำขอ และสามารถติดตามผลการจองได้ด้วยตนเอง

2. ผลการสร้างและหาคุณภาพการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า ระบบการจองรถออนไลน์ใช้แนวการสร้างระบบของ ADDIE Model (มนต์ชัย เทียนทอง, 2554) ผสมกับข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญ นำมาสร้างระบบตามกระบวนการใช้วงจรเดมมิ่ง (PDCA) โดยการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรใช้ได้ ดังภาพ



ภาพที่ 2 Flowchart แสดงกระบวนการทำงานการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (สำหรับผู้ใช้งาน)



ภาพที่ 3 Flowchart แสดงกระบวนการทำงานการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (สำหรับ Admin)

ผลการประเมินคุณภาพของการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 3 คน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของการประเมินประสิทธิภาพของระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=3)

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement)	4.70	0.47	มากที่สุด
2. ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function Test)	4.60	0.51	มากที่สุด
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.72	0.45	มากที่สุด
4. ด้านประสิทธิภาพ (Performance)	4.68	0.47	มากที่สุด
5. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security)	4.57	0.50	มากที่สุด
รวม	**4.65**	**0.54**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า ภาพรวมรายด้านผลการประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในภาพรวมมีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.65, S.D. =0.54) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) มีค่าประเมินระดับความเหมาะสม ความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูลสูงสุด ($\bar{x}$ =4.72, S.D.=0.45) รองลงมาคือด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement) ($\bar{x}$ =4.70, S.D. =0.47) และด้านที่มีความประเมินระดับความเหมาะสมคุณภาพต่ำสุด คือ ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security) ($\bar{x}$ =4.57, S.D. = 0.50)

3. ผลการทดลองใช้พัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยกลุ่มตัวอย่าง (n=25)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสิทธิภาพและการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้หลังการทดลองใช้ระบบ (n=25)

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
1.ด้านความง่ายในการใช้งาน (Usability)	4.33	0.08	มาก
2.ด้านความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy)	4.36	0.07	มาก
3.ด้านความครบถ้วนของฟังก์ชัน (Functionality Completeness)	4.27	0.13	มาก
4.ด้านความเหมาะสมของการออกแบบหน้าจอใช้งาน (UI/UX Design)	4.23	0.08	มาก
5.ด้านความรวดเร็วและเสถียรภาพของระบบ (Performance & Stability)	4.21	0.06	มาก
รวม	**4.28**	**0.08**	**มาก**

จากตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสิทธิภาพและการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้หลังการทดลองใช้ระบบ พบว่า ภาพรวมของประสิทธิภาพและการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในระดับมาก ($\bar{X}$ =4.28, S.D. =0.08) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy) มีค่าประเมินความสูงสุด ($\bar{X}$ =4.36, S.D.=0.07) รองลงมาคือความง่ายในการใช้งาน (Usability) ($\bar{X}$ =4.33, S.D. =0.08) และด้านที่มีความประเมินคุณภาพต่ำสุด คือ ความรวดเร็วและเสถียรภาพของระบบ (Performance & Stability) ($\bar{X}$ =4.21, S.D. = 0.06)

4.ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ	ความถี่ (f)	%
เพศ		
– ชาย	11	44.00
– หญิง	14	56.00
รวม	**25**	**100**
ประเภทผู้ใช้บริการ		
– บุคลากรสายวิชาการ	6	24.00
– บุคลากรสายสนับสนุน	13	52.00
– สโมสรนิสิตคณะศึกษาศาสตร์	4	16.00
– บุคลากรภายในมหาวิทยาลัย(นอกสังกัดคณะศึกษาศาสตร์)	2	8.00
รวม	**25**	**100**
ความถี่ในการใช้งาน		
– ทุกวัน	–	–
– 2–3 วัน/ครั้ง	7	28.00
– สัปดาห์ละครั้ง	18	72.00
รวม	**25**	**100**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 เพศชายจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 44.00 ประเภทผู้ใช้บริการเป็นบุคลากรสายสนับสนุน จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 52.00 รองลงมาเป็นบุคลากรสายวิชาการ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 24.00 และต่ำสุดเป็นบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย(นอกสังกัดคณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.00 ความถี่ในการใช้งานสัปดาห์ละครั้ง จำนวน 18คน คิดเป็นร้อยละ 72.00 และใช้งาน 2 – 3 วัน จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 28.00

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของกลุ่มผู้ใช้ต่อการใช้ระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

(n=25)

ด้าน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการใช้ระบบ	4.25	0.17	พึงพอใจมาก
ด้านความสะดวก สวยงาม	4.30	0.04	พึงพอใจมาก
ด้านคุณภาพของระบบ	4.28	0.04	พึงพอใจมาก
รวม	**4.28**	**0.04**	**พึงพอใจมาก**

จากตาราง 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของกลุ่มผู้ใช้ต่อการใช้ระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า บุคลากรสายวิชาการ บุคลากรสายสนับสนุน นิสิตคณะศึกษาศาสตร์ และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย(นอกสังกัดคณะศึกษาศาสตร์) ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.28, S.D. = 0.04) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า มีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ด้านความสะดวก สวยงาม ($\bar{x}$ = 4.30, S.D. =0.04) รองลงมาคือ ด้านคุณภาพของระบบ ($\bar{x}$ =4.28, S.D. =0.04) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการใช้งานระบบ ($\bar{x}$ = 4.25, S.D. =0.04)

อภิปรายผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สรุปผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการศึกษาปัญหาและความต้องการพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า กระบวนการจองรถในปัจจุบันยังใช้วิธีการแบบเอกสารและการสื่อสารทางวาจาเป็นหลัก ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ ได้แก่ ความล่าช้าในการอนุมัติ การจองซ้ำซ้อน ความผิดพลาดของข้อมูล การติดตามสถานะไม่สะดวก และขาดระบบรายงานผลการใช้งานย้อนหลังอย่างเป็นระบบ และจากปัญหาดังกล่าวนำไปสู่ข้อเสนอแนวทางในการพัฒนาระบบจองรถออนไลน์ โดยเน้นการออกแบบระบบที่ตอบสนองต่อปัญหาและบริบทของคณะฯ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความคล่องตัวในการทำงาน ลดภาระงานซ้ำซ้อนของเจ้าหน้าที่ และเพิ่มความโปร่งใสในการบริหารจัดการยานพาหนะอย่างเป็นระบบ โดยแนวทางที่กำหนดขึ้นอ้างอิงจากหลักการพัฒนาระบบสารสนเทศตามวงจร SDLC (System Development Life Cycle) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นจะต้องสามารถตอบสนองการใช้งานได้แบบเรียลไทม์ มีระบบแจ้งเตือนสถานะการอนุมัติ รองรับการจัดลำดับความสำคัญของคำขอ และจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์และวางแผนในระดับบริหารได้ อีกทั้งแนวทางการพัฒนายังยึดหลักวงจร PDCA (Plan–Do–Check–Act) เพื่อให้ระบบสามารถปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยเปิดโอกาสให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในการเสนอแนะและสะท้อนปัญหาการใช้งานจริง อันจะส่งผลให้ระบบมีความยืดหยุ่น และรองรับการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วเรวรรณ รอดราวี (2560) ได้ชี้ภาพรวมปัญหาของระบบจองรถราชการที่ไม่มีระบบกลางหรือฐานข้อมูลร่วม ส่งผลให้การอนุมัติคำขอล่าช้า และขาดความโปร่งใส ดังนั้นจึงมีการออกแบบระบบจองรถออนไลน์ที่รองรับการอนุมัติหลายระดับและรายงานการใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ

2. ผลการสร้างและหาคุณภาพระบบจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลการสร้างและหาคุณภาพระบบจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า รูปแบบประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ 1.การวางแผน 2.การดำเนินการ 3.การตรวจสอบ และ4.การปรับปรุงแก้ไข ตามกระบวนการใช้วงจรเดมมิ่ง (PDCA) โดยการบูรณาการผู้วิจัยทำการพัฒนาตามหลักวิเคราะห์เริ่มจากศึกษาและนำข้อมูลต้องการและแนวทางการใช้ข้อมูลระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มาวิเคราะห์และดำเนินการพัฒนารูปแบบ นอกจากนี้การพัฒนารูปแบบผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นตามหลักการและทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC : System Development Lift Cycle) ซึ่งมีการดำเนินกิจกรรมเป็นลำดับได้แก่ การกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ การออกแบบการพัฒนา การทดสอบ การติดตั้งและการใช้งาน การบำรุงรักษา ขั้นตอนการดำเนินการดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของการพัฒนาที่จะทำให้เข้าใจถึงกิจกรรมพื้นฐานและรายละเอียดต่างๆ ในการพัฒนาระบบ โดยขั้นตอนของการพัฒนาระบบถูกแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนด้วยกัน คือ การกำหนดปัญหา การวิเคราะห์การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การติดตั้ง และการบำรุงรักษา และพัฒนาระบบสารเทศฯ ในรูปแบบของเว็บแอพพลิเคชัน (Web Application) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ฐานข้อมูล MySQL เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลที่สามารถใช้งานได้ฟรี และสามารถรองรับการใช้งานทั้งระบบปฏิบัติการ Windows หรือ Linux ใช้เก็บตารางข้อมูลที่เป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ได้ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลพร้อมกันได้หลายคนและทำงานได้เร็ว คุณสมบัติที่เป็นระบบการทำงานแบบมัลติเทรด (Multi – thread) คือ ทำงานแยกกันทำให้การทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว และใช้ได้กับภาษาสคริปต์ได้หลายภาษา เช่น ASP PHP VB JAVA สามารถรองรับฐานข้อมูลใหญ่ได้ถึง 60,000 ตารางรองรับภาษามาตรฐาน SQL นอกจากนั้นยังใช้ได้กับระบบปฏิบัติการได้หลายระบบ เช่น Windows Linux Unix

หลังจากร่างระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้นำร่างรูปแบบไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 0.50 ที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีกระบวนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพตามหลักวิชาการและเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของสายสิงห์, จ.(2567). การพัฒนาระบบประเมินการจัดการเรียนการสอนของบุคลากรสายวิชาการผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. จากการศึกษาของ ชิตชนก ทิพย์โสดา และฐาปนี สีเฉลียว. (2566). ในวารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรื่อง “การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการประเมินผลการปฏิบัติราชการของบุคลากรสายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม” พบว่า การพัฒนาระบบสารสนเทศสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและประเมินผลข้อมูลได้อย่างเป็นระบบและมีความถูกต้องมากขึ้น นอกจากนี้ วรรณตรอง, คร้ามแก้ว และสกุลวรเกียรติ (2564) ได้พัฒนา “ระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์” ซึ่งตีพิมพ์ใน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ โดยใช้เทคโนโลยี PHP, HTML5, Bootstrap 4, CSS และ MySQL ในการพัฒนา (พัฒนาโดยใช้ VS Code และ MySQL Server) ทั้งนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับ “พึงพอใจมาก” (ค่าเฉลี่ย 4.20)

3. ผลการทดลองใช้ระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลการทดลองใช้ระบบการจองรถออนไลน์ประเมินประสิทธิภาพและการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้หลังการทดลองใช้ระบบ พบว่า ภาพรวมของประสิทธิภาพและการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.28 , S.D. =0.08) แสดงให้เห็นว่าโดยรวมระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างดี แม้บางจุดสามารถพัฒนาเพิ่มเติมได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของชาญณรงค์ & รัตนวงษ์ (2561) ได้ยืนยันว่าระบบจองรถออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสามารถยกระดับประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการยานพาหนะในระดับองค์กรอย่างชัดเจน โดยลดเวลาการดำเนินงานลงราว 66.67% ลดการใช้กระดาษได้ถึง 1,500–2,000 ชุดต่อปี และลดเวลาในการค้นหาข้อมูลระบบบำรุงรักษารถยนต์ได้ถึง 80% ซึ่งสอดคล้องอย่างชัดเจน

4. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลการใช้ระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับระบบการจองรถออนไลน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.28 , S.D. =0.06) ทั้งในด้านความสะดวกในการใช้งาน ความถูกต้องของข้อมูล ระบบการแจ้งเตือน รวมถึงประสิทธิภาพในการประสานงานกับฝ่ายธุรการและพนักงานขับรถความมีความพึงพอใจในระดับสูงต่ออินเทอร์เฟซของระบบที่มีความเป็นมิตรกับผู้ใช้ (user–friendly) เมนูการใช้งานมีความชัดเจน เข้าใจง่ายและสามารถใช้งานได้โดยไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานทางเทคโนโลยีมากนัก ระบบสามารถตอบสนองต่อการจองรถได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งช่วยลดขั้นตอนในการดำเนินงานจากระบบเดิมที่เป็นแบบเอกสาร ดังนั้น จึงทำให้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของยุพดี ฉิมอ่อง (2556) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบบริหารการบริการสารสนเทศของศูนย์คอมพิวเตอร์ตามกระบวนการไอทิลสำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง มาทดลองใช้งานและประเมินความพึงพอใจ 5 ด้าน พบว่ากลุ่มผู้รับบริการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ ($\bar{x}$ =4.61) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ที่ 0.31 กลุ่มผู้ให้บริการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ ($\bar{x}$ =4.54) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ที่ 0.52 ซึ่งแสดงว่าผู้รับบริการมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน อีกทั้งยังสอดคล้องกับ กับงานวิจัยของธนากร แสงกุดเลาะ (2566) ที่ใช้ ADDIE Model ในการพัฒนาเช่นเดียวกัน ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function Test): ได้ค่าเฉลี่ย 4.47 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้อย่างดีและมีความเสถียร ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test): ได้คะแนน 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 ซึ่งถือว่าเป็นผลการประเมินที่ดีที่สุดในระดับ “เหมาะสมมากที่สุด” เนื่องจากการออกแบบที่เข้าใจง่ายและการเข้าถึงฟังก์ชันได้อย่างรวดเร็ว ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security):ได้คะแนน 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระบบที่มีความปลอดภัยสูงสามารถป้องกันการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาตได้ดี จากการประเมินค่าเฉลี่ยรวมที่ 4.48 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่า ระบบฐานข้อมูลมีความเหมาะสมและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้ดี โดยการออกแบบที่สมดุลระหว่างฟังก์ชันการทำงาน การใช้งานที่ง่าย และการรักษาความปลอดภัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิทูร อุ่นแสน (2020) รายงานว่า ผู้ใช้งานกว่า 722 คนให้คะแนนความพึงพอใจรวมในระดับยอดเยี่ยม (เฉลี่ย = 4.36), โดย Authentication ได้คะแนนสูงสุด (4.59) และ usability (4.47) สะท้อนถึงปัจจัยด้านความรวดเร็วและความสะดวกในการออกแบบระบบฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ระบบ OPAC ห้องสมุด อัครพล จีนาคม (2558) ยังแสดงให้เห็นว่าคุณภาพข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบถูกต้อง ครบถ้วน

ทันสมัย และมีโครงสร้างที่เหมาะสม มีผลโดยตรงต่อการเข้าถึงข้อมูล (usage) และความพึงพอใจ ส่งผลให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้งาน (net benefit)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย “การพัฒนาระบบการจองรถออนไลน์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร” ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การบูรณาการระบบกับฐานข้อมูลภายในของคณะเพื่อเพิ่มความสะดวกในการบริหารจัดการ ควรพิจารณาบูรณาการระบบจองรถออนไลน์เข้ากับระบบสารสนเทศอื่น ๆ ของคณะ เช่น ระบบจัดตารางสอน ระบบการเดินทางเพื่อราชการ หรือระบบการอนุมัติคำร้อง เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างเป็นระบบ ลดความซ้ำซ้อนในการกรอกข้อมูล

2. ควรมีการปรับปรุงและพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่องแม้ระบบจะผ่านการทดลองใช้และได้รับความพึงพอใจในระดับสูง แต่ยังควรมีการเก็บรวบรวมข้อเสนอแนะจากผู้ใช้เพื่อนำมาปรับปรุงระบบให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การเพิ่มฟังก์ชันการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน หรือการเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศอื่น ๆ ของคณะ

3. ควรมีการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานเพื่อปรับแผนบริหารจัดการรถยนต์ ควรใช้ข้อมูลที่ได้จากระบบ เช่น ความถี่การจอง ประเภทการใช้งาน วันเวลาที่มีการใช้งานสูงสุด มาวิเคราะห์เพื่อวางแผนการจัดสรรรถและคนขับได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้ทรัพยากรโดยไม่จำเป็น และลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของระบบจองรถในรูปแบบแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งอาจช่วยให้ผู้ใช้งานสะดวกมากขึ้น และสามารถแจ้งเตือน/ติดตามสถานะการจองแบบเรียลไทม์ได้

2. ศึกษาเปรียบเทียบระบบจองรถในหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน

3. พัฒนาโมดูลการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานรถ (Data Analytics Dashboard)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา กอนพ่วง ท่านได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจสอบ ตลอดจนเสนอแนะในการแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยประสบความสำเร็จ ขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้คณาจารย์ที่ประสิทธิประสาทวิชา ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมา ตลอดจนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

ชาญณรงค์ สุวิทิตกุล และ วันชัย รัตนวงษ์. (2561). การพัฒนาระบบจองรถออนไลน์และบำรุงรักษากรณีศึกษามหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. *Rangsit Graduate Research Conference: RGRC, 12*, 87–96.

ชิตชนก ทิพย์โสดา และฐาปนี สีเฉลียว. (2566). *การพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อสนับสนุนการประเมินผลการปฏิบัติราชการของบุคลากรสายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 4*(11), 207–222.

ธนากร แสงกุดเลาะ. (2566). การพัฒนาระบบนิเทศติดตามการปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. *วารสารบรรณศาสตร์ มศว, 16*(2), 62–75.

สายสิงห์, จ. (2566). การพัฒนาระบบประเมินการจัดการเรียนการสอนของบุคลากรสายวิชาการ ผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น : กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 13(4), 236–251.

ปิยะดา อ่อนละมูล. (2563). *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในภาคราชการยุคใหม่.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ราชการไทย.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2554). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในภาคราชการไทย. *วารสารรัฐประศาสนศาสตร์, 9*(1), 25–40.

ยุพดี ฉิมอ่อง. (2556). *การพัฒนาระบบบริหารการบริการสารสนเทศของศูนย์คอมพิวเตอร์ตามกระบวนการไอทิลสำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วรรณา พูลสวัสดิ์. (2565). การบริหารจัดการยานพาหนะในองค์กรการศึกษา: ปัญหาและทางออก. *วารสารการจัดการภาครัฐ, 19*(1), 75–90.

วเรวรรณ รอดราวี. (2560). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบจองรถยนต์ราชการส่วนกลาง.* กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

วิทูร อุ่นแสน. (2563). การศึกษาความต้องการ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อระบบบริหารจัดการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. *วารสารการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย, 7*(2), 26–33.

วรรณตรอง, คร้ามแก้ว และสกุลวรเกียรติ (2564). ระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. 5*(1), 25–35.

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (DGA). (2562). *แนวทางการพัฒนาระบบราชการดิจิทัล: กรณีศึกษา Smart Booking Platform.* กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (DGA).

อัครพล จีนาคม. (2558). *อิทธิพลของคุณภาพสารสนเทศต่อการใช้งาน ความพึงพอใจและประโยชน์ที่ได้รับของผู้ใช้งานเว็บ OPAC ห้องสมุดสถาบันอุดมศึกษาเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล* [ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

Sain, Z.H., & Lama, A. (2024). Exploring Wsucational Frontiers: Innovatimg with Chat–GPT while Upholding Traditional Values. Journal of Language Development and Linguistics, 3(1) 25–36. Retrieved from: https://doi.org/10.55927/jldl.v3i1.8183

Yarbrough, D. B., Shulha, L. M., Hopson, R. K., & Caruthers, F. A. (2011). *The program evaluation standards: A guide for evaluators and evaluation users* (3rd ed.). SAGE Publications.

การศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

A study of current conditions and research work requirements of professional and general administrative practitioners. Academic groups, colleges and graduate schools Walailak Universit

จารึก พรหมคลี่[1*]

Jaruek Promklee[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการทำงานวิจัย สภาพปัจจุบันเกี่ยวกับความรู้และทักษะการทำวิจัย ตลอดจนปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ กลุ่มตัวอย่างคือพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป จำนวน 92 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และสถิติเชิงอนุมาน (Chi-square Test และP-value) ผลการวิจัย พบว่าพนักงานส่วนใหญ่ มีความต้องการทำงานวิจัย (ร้อยละ 52.17) โดยมีเหตุผลหลักคือ เพื่อใช้ประกอบการขอกำหนดตำแหน่งวิทยฐานะ (ร้อยละ 66.67) ในขณะที่ผู้ไม่ต้องการทำงานวิจัยให้เหตุผลหลักว่า มีภาระงานประจำปริมาณมาก ทำให้ไม่มีเวลา (ร้อยละ 43.18) สภาพปัจจุบันด้านความรู้และทักษะการวิจัยโดยรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.68) แต่มีความต้องการการสนับสนุนสูงในระดับ มาก (ค่าเฉลี่ย 4.00) โดยเฉพาะในด้านนโยบายส่งเสริมให้บุคลากรทำงานวิจัย และกระบวนการเขียนรายงานและสรุปผลการวิจัย ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า เพศ (P-Value = 0.036) ตำแหน่งงาน (P-Value = 0.005) และระยะเวลาในการปฏิบัติงาน (P-Value = 0.010) ส่งผลต่อความต้องการทำงานวิจัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ความต้องการทำงานวิจัย, สายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป, วิทยฐานะ, ภาระงาน, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

[1] สำนักงานคณบดี สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 80160

[1] Dean's Office, School of Medicine, Walailak University, 80160

* Corresponding author email : pjaruek@wu.ac.th

Abstract

This research aimed to study the need for research work, the current state of knowledge and skills, and personal factors affecting the research needs of Professional and General Administration Staff at Walailak University. The sample consisted of 92 Professional and General Administration Staff. Data was collected using a questionnaire and analyzed using descriptive statistics (frequency, percentage, mean, and standard deviation) and inferential statistics (Chi-square test and P-value). The majority of staff had a need for research work (52.17%), primarily motivated by the need for career advancement and academic title application (66.67%). The main obstacle for those who did not want to conduct research was a heavy workload, leading to a lack of time (43.18%). The current state of research knowledge and skills was at a moderate level (Mean 2.68), but the need for support was high (Mean 4.00), particularly in research promotion policies and research report writing and conclusion processes. Inferential statistics showed that Gender (P-Value = 0.036) Job Position (P-Value = 0.005), and Years of Service (P-Value = 0.010) significantly affected the research need.

Keywords: Research Need, Professional and General Administration Staff, Academic Title, Workload, Walailak University

บทนำ

ในบริบทของการแข่งขันและความท้าทายที่เพิ่มขึ้นในสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยมิได้จำกัดความคาดหวังในการสร้างงานวิจัยไว้เฉพาะบุคลากรสายวิชาการเท่านั้น แต่ยังขยายบทบาทไปยังพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป เพื่อส่งเสริมให้เกิดการสร้างสรรค์องค์ความรู้และการพัฒนากระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่องผ่านการวิจัย ซึ่งการวิจัยและการสร้างผลงานวิชาการของบุคลากรสายปฏิบัติการวิชาชีพฯ ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงโดยตรงกับความก้าวหน้าในสายอาชีพและการขอกำหนดตำแหน่งวิทยฐานะ ซึ่งเป็นแรงจูงใจหลักในการทำงานวิจัยของบุคลากรกลุ่มนี้ (สิรินภา กิจเกื้อ, 2562) และมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ได้กำหนดในข้อบังคับมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ว่าด้วยหลักเกณฑ์วิธีการกำหนดตำแหน่ง และแต่งตั้งพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป ให้ดำรงตำแหน่งระดับชำนาญการ ระดับเชี่ยวชาญ และระดับเชี่ยวชาญพิเศษ พ.ศ. 2563 กำหนดผลงานระดับชำนาญการ นอกจากคู่มือการปฏิบัติงาน จำนวน 1 เล่ม จะต้องมีผลงานจำนวน 1 ชิ้น ซึ่งผลงานจะต้องเป็นงานวิจัย งานสังเคราะห์ งานวิเคราะห์ งานนวัตกรรม หรือบทความทางวิชาการ โดยมีหลักเกณฑ์การพิจารณาและการเผยแพร่ตามหลักเกณฑ์ที่มหาวิทยาลัยกำหนด โดยเมื่อผ่านการพิจารณาจะมีค่าตอบแทนตำแหน่งระดับชำนาญการ 6,700 บาท ระดับเชี่ยวชาญ 9,900 บาท และเชี่ยวชาญพิเศษ 13,000 บาท อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแรงจูงใจจะสูง แต่บุคลากรสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไปมีปัญหาอุปสรรคสำคัญในการปฏิบัติงานวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภาระงานประจำที่มีปริมาณมาก ทำให้ไม่มีเวลาสำหรับการทำงานวิจัยอย่างเพียงพอ (พัชรี สุภาชาติ, 2563) นอกจากนี้ ปัญหาด้าน การขาดความรู้และทักษะเฉพาะด้านในกระบวนการวิจัย ก็ยังเป็นอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานวิจัยอย่างมีคุณภาพ โดยเฉพาะทักษะในการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย (กุสุมา ภักดีไพโรจน์ และสุภาพร พรหมบุตร, 2561) ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความต้องการทำงานวิจัย สภาพปัจจุบันเกี่ยวกับความรู้และทักษะการทำวิจัย ตลอดจนความแตกต่างของความต้องการตามลักษณะสถานภาพส่วนบุคคลของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เพื่อนำ

ผลไปสู่การกำหนดแนวทางการส่งเสริมและพัฒนากลไกการบริหารจัดการที่เหมาะสม เพื่อให้บุคลากรสามารถสร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพและมีความก้าวหน้าในสายอาชีพได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

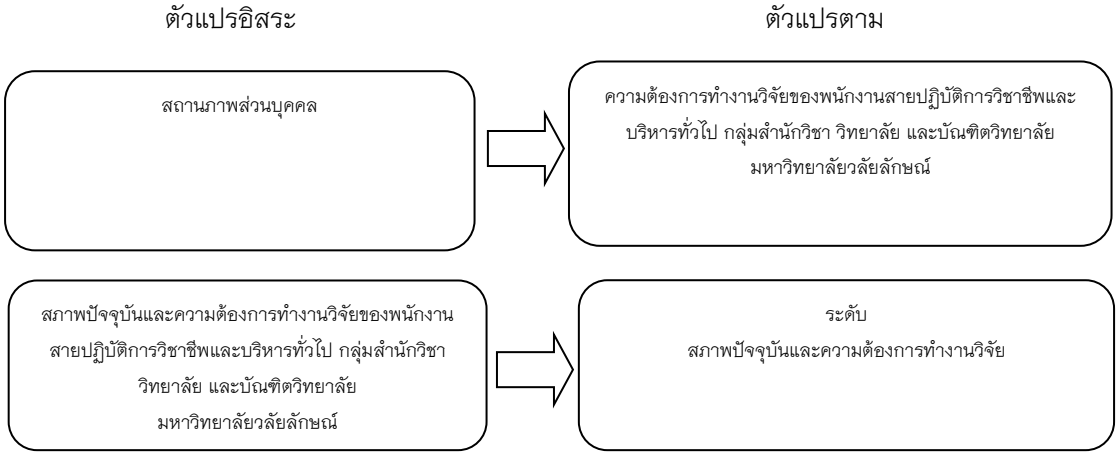
1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไป และระดับความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

2. เพื่อศึกษาความแตกต่างของความต้องการทำงานวิจัย เมื่อจำแนกตามลักษณะสถานภาพส่วนบุคคล

3. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับความรู้และทักษะการทำวิจัย และหัวข้อที่พนักงานต้องการเพิ่มพูนทักษะความรู้หรือการสนับสนุน

กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง มีการกำหนดกรอบแนวคิดและสมมุติฐานวิจัย ดังนี้



สมมติฐานที่ 1 พนักงานที่มีลักษณะสถานภาพส่วนบุคคลแตกต่างกัน ส่งผลต่อความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ มีความแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 2 ระดับสภาพปัจจุบันและความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ มีความแตกต่างกัน

วิธีวิทยาการวิจัย

1) กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ คือพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ (ไม่รวมลูกจ้างชั่วคราว) ซึ่งประชากรสำหรับการวิจัยพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ไม่รวมลูกจ้างชั่วคราว จำนวน 150 คน (ข้อมูล กรกฎาคม 2566 จากเว็บไซต์ส่วนทรัพยากรมนุษย์และองค์กร https://hro.wu.ac.th/) การวิจัยครั้งนี้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณของ Yamane ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้สำหรับประชากรที่สามารถระบุจำนวนได้อย่างชัดเจน และเหมาะสำหรับงานวิจัยเชิงปริมาณที่ต้องการความแม่นยำใน

การประมาณค่าตัวแทนของประชากร โดยผู้วิจัยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (e) เท่ากับ 0.10 สูตรคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Yamane n = N / (1 + N(e)²)

N = จำนวนประชากรทั้งหมด

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

แทนค่าในสูตร n =150/ (1 + 150*.10^2) = 60 คน ทั้งนี้ แบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างสามารถจัดเก็บได้จริง จำนวน 113 ชุด แบ่งเป็นปฏิเสธ 7 ชุด ยินยอม 106 ชุด และดำเนินการคัดออก จำนวน 14 ชุด เนื่องจากตรวจสอบเพิ่มเติมพบเป็นลูกจ้างชั่วคราว พนักงานพาร์ทไทม์ และอาจารย์ สรุปเหลือกลุ่มตัวอย่างสำหรับวิจัย จำนวน 92 ชุด แบ่งข้อมูลเป็นสำนักวิชา จำนวน 73 ชุด วิทยาลัย จำนวน 14 ชุด และบัณฑิตวิทยาลัย จำนวน 5 ชุด ตามผลการคำนวณ ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่เหมาะสมตามสูตรที่มีการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (e) เท่ากับ 0.10 คือ จำนวน 60 คน อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้กลุ่มตัวอย่างจากจำนวนที่เก็บมาคือ 92 คน ซึ่งมากกว่าขนาดขั้นต่ำที่สูตรกำหนด การใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากขึ้น ช่วยเพิ่มความแม่นยำ ลดค่าความคลาดเคลื่อนของผลการวิจัย และทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นตัวแทนของประชากรสูงขึ้นตามหลักการสถิติ

2) วิธีการศึกษาวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัย คือ แบบสอบถาม ผู้วิจัยศึกษาแบบสอบถามต่างๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เปรียบเทียบและปรับปรุงแบบสอบถามให้มีความเหมาะสมกับตัวแปรที่ศึกษา แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน จำนวนทั้งหมด 33 ข้อ รายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลสภาพปัจจุบันของการทำงานวิจัยของของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ตอนที่ 3 ข้อมูลความต้องการการทำงานวิจัยของของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ข้อมูลสภาพปัจจุบันและความต้องการทำงานวิจัย ใช้มาตรวัดแบบประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ และแปลความหมาย (ระดับ)

4.51 – 5.00 (มากที่สุด)

3.51 – 4.50 (มาก)

2.51 – 3.50 (ปานกลาง)

1.51 – 2.50 (น้อย)

1.00 – 1.50 (น้อยที่สุด)

2. ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย โดยแบบสอบถามจะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ตรวจสอบเพื่อหาค่าความเที่ยงตรง โดยการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence : IOC) ของแบบสอบถาม เพื่อนำไปปรับปรุงแบบสอบถามให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยใช้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน –1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

หลังจากนั้นนำผลคะแนนที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิมาคำนวณหาค่า IOC โดยมีเกณฑ์หาค่าความเที่ยงตรงดังนี้ 1) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50–1.00 มีค่าความเที่ยงตรง ใช้ได้ 2) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุง ยังใช้ไม่ได้ สรุปผล IOC แบบสอบถามจากจำนวน 33 ข้อ มีจำนวน 30 ข้อมีคะแนนตั้งแต่ 0.50–1.00 มีค่าความเที่ยงตรงใช้ได้ และจำนวน 3 ข้อ มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ซึ่งผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงและเสนอผู้ทรงคุณวุฒิหลังการปรับแก้ไข

3. ทดลองใช้ (Try Out) แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง พนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มส่วนงาน ศูนย์ สถาบัน จำนวน 20 ชุด หาความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ระดับค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.95

4. ดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

5. เมื่อผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ดำเนินการส่งแบบสอบถามผ่าน Google From โดยจัดส่งผ่าน 1) ทำหนังสือผ่านระบบบริหารจัดการสำนักงานดิจิทัล (DOMS) ไปยังสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย และ 2) ส่งผ่านระบบ WU Email Facebook ,Line และมีการจัดเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยจัดส่งแบบสอบถามแบบกระดาษ

6. สรุปผลวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics และนำเสนอข้อมูลในลักษณะการบรรยายใช้สถิติเชิงพรรณนา (จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และสถิติเชิงอนุมาน (Chi–square Test และ P–value)

ผลการศึกษา

1) ผลสรุปการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐาน

<u>สมมติฐานที่ 1</u> พนักงานที่มีลักษณะสถานภาพส่วนบุคคลแตกต่างกัน ส่งผลต่อความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 จำแนกตามเพศ n = 92

เพศ	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi–square	P–Value
ชาย	7(14.58)	1(2.27)	4.382	0.036
หญิง	41(85.42)	43(97.73)		

จากตารางที่ 1 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ด้วยสถิติไคสแควร์ (Chi–square Test) พบว่าได้ค่า Chi–square เท่ากับ 4.382 และมีค่า P–value เท่ากับ 0.036 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้น สรุปได้ว่า เพศมีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ พนักงานชายและพนักงานหญิงมีความต้องการทำงานวิจัยแตกต่างกัน

ตารางที่ 2 จำแนกตามอายุ n = 92

อายุ	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi-square	P-Value
ต่ำกว่า 21 ปี	0(0.00)	0(0.00)	7.747	0.101
21-30 ปี	13(27.08)	11(25.00)		
31-40 ปี	23(47.92)	12(27.27)		
41-50 ปี	11(22.92)	15(34.09)		
51-60 ปี	1(2.08)	5(11.36)		
มากกว่า 60 ปี (ขยายระยะเวลาจ้าง)	0(0.00)	1(2.27)		

จากตารางที่ 2 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความต้องการทำงานวิจัย ของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่าได้ค่า Chi-square เท่ากับ 7.747 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.101 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อายุไม่มีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ พนักงานในช่วงอายุต่าง ๆ มีความต้องการทำงานวิจัยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 จำแนกตามสถานภาพ n = 92

สถานภาพ	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi-square	P-Value
โสด	23(47.92)	20(45.45)	1.899	0.754
สมรส ไม่มีบุตร	5(10.42)	3(6.82)		
สมรส มีบุตร	19(39.58)	18(40.91)		
หย่าร้าง	1(2.08)	2(4.55)		
อื่น ๆ	0(0.00)	1(2.27)		

จากตารางที่ 3 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสถานภาพสมรสกับความต้องการทำงานวิจัย ของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่าได้ค่า Chi-square เท่ากับ 1.899 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.754 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สถานภาพสมรสไม่มีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ พนักงานที่มีสถานภาพโสด สมรส มีบุตร ไม่มีบุตร หย่าร้าง หรืออื่น ๆ มีความต้องการทำงานวิจัยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 จำแนกตามสังกัด n = 92

สังกัด	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi-square	P-Value
บัณฑิตวิทยาลัย	6(12.5)	0(0.00)	28.895	0.050
วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์นานาชาติ	0(0.00)	1(2.27)		
วิทยาลัยนานาชาติ	2(4.17)	1(2.27)		
วิทยาลัยสัตวแพทยศาสตร์อัครราชกุมารี	5(10.42)	6(13.64)		
สำนักวิชาการจัดการ	0(0.00)	5(11.36)		
สำนักวิชาการบัญชีและการเงิน	2(4.17)	1(2.27)		
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร	2(4.17)	1(2.27)		
สำนักวิชานิติศาสตร์	0(0.00)	3(6.82)		
สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์	3(6.25)	2(4.55)		
สำนักวิชาพหุภาษาและการศึกษาทั่วไป	1(2.08)	2(4.55)		
สำนักวิชาแพทยศาสตร์	6(12.5)	1(2.27)		
สำนักวิชาเภสัชศาสตร์	4(8.33)	4(9.09)		
สำนักวิชารัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ (ปฏิเสธเข้าร่วมการวิจัย)	0(0.00)	0(0.00)		
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์	2(4.17)	1(2.27)		
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	3(6.25)	2(4.55)		
สำนักวิชาครุศาสตร์และศิลปศาสตร์	2(4.17)	2(4.55)		
สำนักวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ	3(6.25)	0(0.00)		
สำนักวิชาสหเวชศาสตร์	3(6.25)	4(9.09)		
สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์	0(0.00)	5(11.36)		
สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์	4(8.33)	3(6.82)		

จากตารางที่ 4 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสังกัดกับความต้องการทำงานวิจัย ของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่าได้ค่า Chi-square เท่ากับ 28.895 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.050 ซึ่งมีค่าเท่ากับระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สังกัดมีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ พนักงานที่สังกัดหน่วยงานต่าง ๆ มีความต้องการทำงานวิจัยที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 จำแนกตามตำแหน่งงาน n = 92

ตำแหน่งงาน	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi-square	P-Value
พนักงานธุรการ	4(8.33)	7(15.91)	12.887	0.005
เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	13(27.08)	25(56.82)		
นักวิชาการ	25(52.08)	10(22.73)		
อื่นๆ	6(12.50)	2(4.55)		

จากตารางที่ 5 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งงานกับความต้องการทำงานวิจัย ของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่าได้ค่า Chi-square เท่ากับ 12.887 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.005 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ตำแหน่งงานมีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ พนักงานในตำแหน่งงานต่าง ๆ เช่น พนักงานธุรการ เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป นักวิชาการ และตำแหน่งอื่น ๆ มีระดับความต้องการทำงานวิจัยที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 สถานภาพการจ้าง n = 92

สถานภาพการจ้าง	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi-square	P-Value
สัญญาประจำ (พนักงานประจำ)	9(18.75)	13(29.55)	2.704	0.259
สัญญาจ้างประจำ (สัญญาจนเกษียณอายุ 60 ปี)	31(64.58)	21(47.73)		
สัญญาจ้างประจำ (ระหว่างทดลองปฏิบัติงาน 6 เดือน /อยู่ระหว่างสัญญา 3 ปีแรก)	8(16.67)	10(22.73)		
ลูกจ้างชั่วคราวสัญญาจ้างรายปี/รายเดือน	0(0.00)	0(0.00)		
อื่นๆ	0(0.00)	0(0.00)		

จากตารางที่ 6 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสถานภาพการจ้างกับความต้องการทำงานวิจัย ของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่าได้ค่า Chi-square เท่ากับ 2.704 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.259 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สถานภาพการจ้างไม่มีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ พนักงานที่มีสถานภาพการจ้างต่างกัน เช่น พนักงานประจำ สัญญาจ้างประจำ หรืออยู่ระหว่างทดลองปฏิบัติงาน มีความต้องการทำงานวิจัยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 7 ระดับการศึกษา n = 92

ระดับการศึกษา	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi-square	P-Value
ปวช.	0(0.00)	0(0.00)	6.262	0.100
ปวส.	1(2.08)	2(4.55)		
ปริญญาตรี	30(62.50)	36(81.82)		
ปริญญาโท	16(33.33)	6(13.64)		
ปริญญาเอก	1(2.08)	0(0.00)		

จากตารางที่ 7 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษากับความต้องการทำงานวิจัย ของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่าได้ค่า Chi-square เท่ากับ 6.262 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.100 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ พนักงานที่มีระดับการศึกษาตั้งแต่ ปวช., ปวส., ปริญญาตรี, ปริญญาโท และปริญญาเอก มีความต้องการทำงานวิจัยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 8 รายได้ต่อเดือน n = 92

รายได้ต่อเดือน	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi-square	P-Value
10,001 – 20,000 บาท	13(27.08)	8(18.18)	3.495	0.479
20,001 – 30,000 บาท	25(52.08)	20(45.45)		
30,001 – 40,000 บาท	7(14.58)	9(20.45)		
40,001 – 50,000 บาท	1(2.08)	3(6.82)		
มากกว่า 50,000 บาท	2(4.17)	4(9.09)		

จากตารางที่ 8 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ต่อเดือนกับความต้องการทำงานวิจัย ของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่าได้ค่า Chi-square เท่ากับ 3.495 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.479 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า รายได้ต่อเดือนไม่มีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ พนักงานที่มีรายได้ในช่วงต่าง ๆ ตั้งแต่ 10,001–20,000 บาท ไปจนถึงมากกว่า 50,000 บาท มีความต้องการทำงานวิจัยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 9 ระยะเวลาในการปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ n = 92

ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน	ต้องการทำวิจัย	ไม่ต้องการทำวิจัย	Chi-square	P-Value
ต่ำกว่า 5 ปี	20(41.67)	18(40.91)	13.337	0.010
5–10 ปี	20(41.67)	7(15.91)		
11–15 ปี	1(2.08)	5(11.36)		
16–20 ปี	5(10.42)	5(11.36)		
มากกว่า 20 ปี	2(4.17)	9(20.45)		

จากตารางที่ 9 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ กับความต้องการทำงานวิจัย ของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่าได้ค่า Chi-square เท่ากับ 13.337 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.010 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ .05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระยะเวลาในการปฏิบัติงานมีความสัมพันธ์กับความต้องการทำงานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ พนักงานที่มีประสบการณ์การทำงานต่างช่วงเวลา เช่น ต่ำกว่า 5 ปี, 5–10 ปี, 11–15 ปี, 16–20 ปี และมากกว่า 20 ปี มีความต้องการทำงานวิจัยที่แตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 2 ระดับสภาพปัจจุบันและความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 10 สภาพปัจจุบันต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป

สภาพปัจจุบัน	มากที่สุด (5)	มาก(4)	ปานกลาง (3)	น้อย(2)	น้อยที่สุด (1)	$\bar{x}$	SD	การแปลผลข้อมูล
1)ท่านมีความรู้ในเรื่องรูปแบบการวิจัย (Research design) และระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology)	5(5.43)	20(21.74)	30(32.61)	22(23.91)	15(16.3)	2.76	1.13	ปานกลาง
2)ท่านมีความรู้ในเรื่องการตั้งคำถามวิจัยหรือกำหนดประเด็นปัญหาในการวิจัย	4(4.35)	18(19.57)	31(33.7)	24(26.09)	15(16.3)	2.70	1.10	ปานกลาง
3)ท่านมีความรู้ในเรื่องกระบวนการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4(4.35)	16(17.39)	31(33.7)	24(26.09)	17(18.48)	2.63	1.11	ปานกลาง
4)ท่านมีความรู้ในเรื่องการกำหนดประชากรและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง	4(4.35)	18(19.57)	28(30.43)	24(26.09)	18(19.57)	2.63	1.14	ปานกลาง
5)ท่านมีความรู้ในเรื่องการสร้างและเลือกใช้เครื่องมือการวิจัย	4(4.35)	14(15.22)	30(32.61)	26(28.26)	18(19.57)	2.57	1.10	ปานกลาง
6)ท่านมีความรู้ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ	4(4.35)	13(14.13)	33(35.87)	23(25.00)	19(20.65)	2.57	1.10	ปานกลาง
7)ท่านมีความรู้ในเรื่องกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และตัวแปรต่างๆ	2(2.17)	14(15.22)	26(28.26)	29(31.52)	21(22.83)	2.42	1.07	น้อย
8)ท่านมีความรู้ในเรื่องกระบวนการเขียนรายงานและสรุปผลการวิจัย	5(5.43)	16(17.39)	29(31.52)	25(27.17)	17(18.48)	2.64	1.13	ปานกลาง
9)ท่านมีความรู้ในเรื่องกระบวนการเขียนโครงการวิจัยเพื่อขอเสนอขอรับทุนอุดหนุนจากสำนักวิชาหรือจากมหาวิทยาลัย	2(2.17)	14(15.22)	28(30.43)	25(27.17)	23(25.00)	2.42	1.09	น้อย

สภาพปัจจุบัน	มากที่สุด (5)	มาก(4)	ปานกลาง (3)	น้อย(2)	น้อยที่สุด (1)	$\bar{x}$	SD	การแปลผลข้อมูล
10)ท่านมีประสบการณ์หรือทักษะในการทำวิจัย	7(7.61)	17(18.48)	20(21.74)	21(22.83)	27(29.35)	2.52	1.30	ปานกลาง
11)หน่วยงานของท่านมีนโยบายส่งเสริมให้บุคลากรสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไปทำงานวิจัย	25(27.17)	29(31.52)	24(26.09)	6(6.52)	8(8.7)	3.62	1.20	มาก
ผลรวมเฉลี่ย						2.68	1.13	ปานกลาง

ผลการสรุปตารางที่ 10 พบว่าระดับสภาพปัจจุบันการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.68 โดยหัวข้อ หน่วยงานของท่านมีนโยบายส่งเสริมให้บุคลากรสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไปทำงานวิจัย มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 อยู่ในระดับมาก และหัวข้อ ท่านมีความรู้ในเรื่องกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และตัวแปรต่าง ๆ และหัวข้อ ท่านมีความรู้ในเรื่องกระบวนการเขียนโครงการวิจัยเพื่อขอเสนอขอรับทุนอุดหนุนจากสำนักวิชาหรือจากมหาวิทยาลัย มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42 อยู่ในระดับน้อย

ตารางที่ 11 ความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป

ความต้องการทำงานวิจัย	จำนวน	ร้อยละ
ต้องการ	48	52.17
ไม่ต้องการ	44	47.83

ผลการสรุปตารางที่ 11 พบว่าความต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จากกลุ่มตัวอย่าง 92 คน มีความต้องการ 48 คน คิดเป็นร้อยละ 52.17 ไม่ต้องการ 44 คน คิดเป็นร้อยละ 47.83

ตารางที่ 12 เหตุผลที่ต้องการทำงานวิจัย

เหตุผลที่ต้องการทำงานวิจัย	จำนวน	ร้อยละ
เพื่อใช้ประกอบการขอกำหนดตำแหน่งวิทยฐานะ	32	66.67
เพื่อใช้ประกอบสำหรับการประเมินผลการปฏิบัติงานประจำปี	8	16.67
เพื่อพัฒนาศักยภาพตนเอง	6	12.50
เพื่อใช้สำหรับการแก้ปัญหาและพัฒนางานที่รับผิดชอบ	2	4.17
อื่นๆ (โปรดระบุ)	0	0.00

ผลการสรุปตารางที่ 12 พบว่าเหตุผลที่ต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จากจำนวนผู้ที่ต้องการทำวิจัย จำนวน 48 คน โดยเหตุผลเพื่อใช้ประกอบการขอกำหนดตำแหน่งวิทยฐานะ มีจำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 เป็นค่าเฉลี่ยมากที่สุด และรองลงมาคือ เพื่อใช้ประกอบสำหรับการประเมินผลการปฏิบัติงานประจำปี มีจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67

ตารางที่ 13 เหตุผลที่ไม่ต้องการทำงานวิจัย

เหตุผลที่ต้องการทำงานวิจัย	จำนวน	ร้อยละ
คุณสมบัติยังไม่ครบตามเกณฑ์การขอกำหนดตำแหน่งวิทยฐานะ	10	22.73
มีภาระงานประจำปริมาณมาก ทำให้ไม่มีเวลาสำหรับการทำงานวิจัย	19	43.18
ขาดความรู้และประสบการณ์การทำงานวิจัย	11	25.00
ไม่มีแหล่งเงินทุนสนับสนุนการทำงานวิจัย	0	0.00
อื่นๆ (โปรดระบุ)	4	9.09

ผลการสรุปตารางที่ 13 พบว่าเหตุผลที่ไม่ต้องการทำงานวิจัยของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จากจำนวนผู้ที่ไม่ต้องการทำงานวิจัย จำนวน 44 คน เหตุผล มีภาระงานประจำปริมาณมาก ทำให้ไม่มีเวลาสำหรับการทำงานวิจัย มีจำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 43.18 เป็นค่าเฉลี่ยมากที่สุด และรองลงมาคือ คุณสมบัติยังไม่ครบตามเกณฑ์การขอกำหนดตำแหน่งวิทยฐานะ มีจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 22.73

ตารางที่ 14 ท่านต้องการเพิ่มพูนทักษะความรู้หรือการสนับสนุนการทำงานวิจัยในหัวข้อต่อไปนี้

หัวข้อ	มากที่สุด (5)	มาก(4)	ปานกลาง (3)	น้อย(2)	น้อยที่สุด (1)	$\bar{x}$	SD	การแปลผลข้อมูล
1)ความรู้ในเรื่องรูปแบบการวิจัย (Research design) และระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology)	39(42.39)	31(33.7)	12(13.04)	4(4.35)	6(6.52)	4.01	1.15	มาก
2)ความรู้ในเรื่องการตั้งคำถามวิจัยหรือกำหนดประเด็นปัญหาในการวิจัย	37(40.22)	32(34.78)	14(15.22)	4(4.35)	5(5.43)	4.00	1.11	มาก
3)ความรู้ในเรื่องกระบวนการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	36(39.13)	33(35.87)	14(15.22)	3(3.26)	6(6.52)	3.98	1.13	มาก
4)ความรู้ในเรื่องการกำหนดประชากรและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง	36(39.13)	32(34.78)	16(17.39)	4(4.35)	4(4.35)	4.00	1.07	มาก
5)ความรู้ในเรื่องการสร้างและเลือกใช้เครื่องมือการวิจัย	38(41.3)	28(30.43)	17(18.48)	4(4.35)	5(5.43)	3.98	1.13	มาก
6)ความรู้ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ	36(39.13)	31(33.7)	14(15.22)	6(6.52)	5(5.43)	3.95	1.14	มาก
7)ความรู้ในเรื่องกระบวนการ	41(44.57)	26(28.26)	15(16.3)	5(5.43)	5(5.43)	4.01	1.15	มาก

หัวข้อ	มากที่สุด (5)	มาก(4)	ปานกลาง (3)	น้อย(2)	น้อยที่สุด (1)	$\bar{x}$	SD	การแปลผลข้อมูล
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และตัวแปรต่างๆ								
8)ความรู้ในเรื่องกระบวนการเขียนรายงานและสรุปผลการวิจัย	40(43.48)	31(33.7)	13(14.13)	2(2.17)	6(6.52)	4.05	1.12	มาก
9)ความรู้ในเรื่องกระบวนการเขียนโครงการวิจัยเพื่อขอเสนอขอรับทุนอุดหนุนจากสำนักวิชาหรือจากมหาวิทยาลัย	35(38.04)	31(33.7)	15(16.3)	3(3.26)	8(8.7)	3.89	1.21	มาก
10)นโยบายส่งเสริมให้บุคลากรสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไปทำงานวิจัย	43(46.74)	31(33.7)	9(9.78)	3(3.26)	6(6.52)	4.11	1.13	มาก
		ค่าเฉลี่ย				4.00	1.13	มาก

ผลการสรุปตารางที่ 14 พบว่าพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป กลุ่มสำนักวิชา วิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 92 คน ต้องการเพิ่มพูนทักษะความรู้หรือการสนับสนุนการทำงานวิจัย ภาพรวมอยู่ในระดับ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 โดยส่วนใหญ่ต้องการเพิ่มพูนทักษะความรู้หรือการสนับสนุนการทำงานวิจัยในหัวข้อ นโยบายส่งเสริมให้บุคลากรสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไปทำงานวิจัย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 อยู่ในระดับมาก และรองลงมาคือหัวข้อ ความรู้ในเรื่องกระบวนการเขียนรายงานและสรุปผลการวิจัย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05

สรุปผลและอธิปรายผล

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า พนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป มีความต้องการทำวิจัยสูงกว่าครึ่งหนึ่งเล็กน้อย (ร้อยละ 52.17) โดยแรงจูงใจสำคัญที่สุด คือ การใช้ผลงานวิจัยเพื่อความก้าวหน้าในสายอาชีพเพื่อการขอกำหนดตำแหน่งวิทยฐานะ (ร้อยละ 66.67) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายปัจจุบันของมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ที่ส่งเสริมเส้นทางความก้าวหน้าของพนักงานสายปฏิบัติการวิชาชีพฯ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิรินภา กิจเกื้อ (2562) และนิภาพรรณ ลิ้มเทียมรัตน์ (2564) ที่ระบุว่าแรงจูงใจสำคัญที่สุดของบุคลากรสายสนับสนุน คือการใช้ผลงานวิจัยเป็นกลไกหลักในการบรรลุความก้าวหน้าในสายอาชีพ อย่างไรก็ตามแม้ว่าบุคลากรมีความต้องการทำวิจัยในระดับสูง แต่บุคลากรที่ไม่ต้องการทำวิจัยได้ชี้ถึงอุปสรรคสำคัญ โดยปัญหาอันดับแรกคือ มีภาระงานประจำปริมาณมาก ทำให้ไม่มีเวลาสำหรับการทำงานวิจัย (ร้อยละ 43.18) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาสกร บุญคุ้ม และพลอยชมพู สุคัสถิตย์ (2565) และพัชรี สุภาชาติ (2563) ที่เน้นย้ำว่าภาระงานหลัก คือข้อจำกัดเชิงโครงสร้างที่ขัดขวางการผลิตงานวิจัยของบุคลากรสายสนับสนุนในสถาบันอุดมศึกษา

นอกจากนี้ สภาพปัจจุบันด้านความรู้และทักษะการทำวิจัยโดยรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง (ค่าเฉลี่ย=2.68) แต่ความต้องการการสนับสนุนกลับอยู่ในระดับ มาก (ค่าเฉลี่ย = 4.00) โดยเฉพาะในหัวข้อ นโยบายส่งเสริมให้บุคลากรทำงานวิจัย (ค่าเฉลี่ย = 4.11) และ ความรู้ในเรื่องกระบวนการเขียนรายงานและสรุปผลการวิจัย (ค่าเฉลี่ย = 4.05) ซึ่งตอกย้ำถึงช่องว่างระหว่างความรู้ที่มีกับทักษะที่จำเป็น และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ปริญญ์ งามสุทธิ (2564), กุสุมา ภักดีไพโรจน์ และสุภาพร พรหมบุตร (2561) และวรวุธ ปลื้มจิตร และสักรินทร์ อยู่ผ่อง (2562) ที่พบว่าบุคลากรมีความต้องการพัฒนาตนเองด้านทักษะการเขียนและสรุปผลวิจัย

และผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ความต้องการทำงานวิจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อพิจารณาจาก

1. เพศ (P-Value = 0.036) เพศชาย มีความต้องการทำงานวิจัยมากกว่าเพศหญิง โดยการคำนวณจากจำนวนสัดส่วน เพศชาย ต้องการทำวิจัย 7 คน จาก 8 คน คิดเป็น 87.5% เพศหญิง ต้องการทำวิจัย 41 คน จาก 84 คน คิดเป็น 48.8%

2. ตำแหน่งงาน (P-Value = 0.005) พนักงานตำแหน่ง นักวิชาการ มีความต้องการสูงที่สุด ซึ่งอาจเนื่องจากตำแหน่งงานนี้มีความคาดหวังหรือมีโอกาสในการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานพัฒนาระบบมากกว่าตำแหน่งอื่น

3. ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน (P-Value = 0.010) พนักงานที่มีระยะเวลาปฏิบัติงาน ต่ำกว่า 10 ปี มีความต้องการทำวิจัยสูงที่สุด แสดงว่าบุคลากรที่เข้าสู่ระบบในช่วงแรกมีความกระตือรือร้นในการสร้างผลงานเพื่อความก้าวหน้าในสายอาชีพมากกว่าบุคลากรที่มีประสบการณ์สูง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. ด้านนโยบายและการบริหารงาน มหาวิทยาลัยควรพิจารณากลไกการลดภาระงานประจำแก่บุคลากรที่อยู่ระหว่างการทำวิจัย เพื่อแก้ไขปัญหาอุปสรรคอันดับหนึ่ง คือการขาดเวลาทำงานวิจัย

2. ด้านการพัฒนาบุคลากร ควรมีการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการที่เน้นทักษะการทำวิจัยเฉพาะด้านที่บุคลากรต้องการสูงที่สุด โดยเฉพาะ "กระบวนการเขียนรายงานและการสรุปผลการวิจัย" และควรจัดอบรมให้ครอบคลุมถึงการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนางานประจำ (Routine to Research: R2R)

3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการศึกษาถึงปัจจัยเชิงคุณภาพ เช่น ทัศนคติของผู้บังคับบัญชาต่อการทำงานวิจัยของสายปฏิบัติการวิชาชีพฯ และรูปแบบการให้คำปรึกษา (Mentoring Model) ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบุคลากรสายปฏิบัติการวิชาชีพและบริหารทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินกองทุนเพื่อพัฒนาสำนักวิชาแพทยศาสตร์ สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมศักดิ์ นาคกุล ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กุสุมา ภักดีไพโรจน์ และ สุภาพร พรหมบุตร. (2561). การประเมินความต้องการในการพัฒนาตนเองด้านการวิจัยของบุคลากรสายสนับสนุนมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*, *8*(1), 1–15.

นิภาพรรณ ลิ้มเทียมรัตน์. (2564). ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานวิจัยของบุคลากรในโรงพยาบาลบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี. *วารสารเพื่อการส่งเสริมสุขภาพและคุณภาพชีวิต*, *1*(2), 31–41.

ปริญญ์ งามสุทธิ. (2564). แรงจูงใจของบุคลากรสายสนับสนุนสำนักศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยมหาสารคามในการพัฒนางานวิจัย. *วารสารวิชาการ ปขมท*, *10*(3), 66–73.

พัชรี สุภาชาติ. (2563). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานวิจัยของบุคลากรสายสนับสนุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

อีสาน. *วารสารการวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน*, *12*(1), 10–25.

ภาสกร บุญคุ้ม และ พลอยชมพู สุคัสถิตย์. (2565). ความต้องการ แรงจูงใจ อุปสรรคและการส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (R2R) : กรณีศึกษาสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. *วารสารวิชาการ ปขมท.*, *12*(2), 67–80.

วรวุธ ปลื้มจิตร และ สักรินทร์ อยู่ผ่อง. (2562). การศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการทำงานวิจัยของบุคลากรสายสนับสนุนวิชาการในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. *วารสารวิชาการศิลปศาสตร์ประยุกต์*, *12*(1), 91–106.

สิรินภา กิจเกื้อ. (2562). แรงจูงใจและอุปสรรคในการทำวิจัยเพื่อขอตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายสนับสนุนในสถาบันอุดมศึกษา. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, *14*(2), 120–135.

การเปลี่ยนแปลงภาษีสรรพสามิตบุหรี่กับพฤติกรรมการเริ่มสูบและเลิกสูบบุหรี่

Cigarette Excise Tax Changes and Smoking Initiation and Cessation Behavior

สถาปนิก อิสสระ[1] กำธร ธรรมพิทักษ์[1*] และ อริยา เผ่าเครื่อง[1]

Satapanik Aissara[1], Kamthorn Thambhitaks[1*] and Ariya Phaokrueng[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีสรรพสามิตบุหรี่ พ.ศ. 2560 ที่มีต่อพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกและความพยายามเลิกสูบบุหรี่ โดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากการสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่และการดื่มสุราของประชากร พ.ศ. 2557, 2560 และ 2564 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ การวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีด้วยสถิติไคสแควร์ (Chi-square test) ผลการศึกษาพบว่า หลังการปรับโครงสร้างภาษีในปี พ.ศ. 2560 จำนวนผู้สูบบุหรี่เป็นประจำลดลงในทุกกลุ่มอายุและเพศ โดยเฉพาะกลุ่มอายุ 15–24 ปีที่ลดลงมากที่สุด ขณะเดียวกัน การเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มเยาวชน และมีแนวโน้มชะลอการเริ่มสูบในช่วงอายุต่ำกว่า 24 ปี นอกจากนี้ การใช้ความพยายามเลิกสูบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มอายุ 25 ปีขึ้นไป โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีอัตราการพยายามเลิกเพิ่มขึ้นมากกว่า 4 เท่า การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่ามาตรการภาษีสรรพสามิตเป็นเครื่องมือสำคัญในการลดจำนวนผู้สูบและกระตุ้นให้เกิดความพยายามเลิกสูบ อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อพฤติกรรม เช่น การใช้บุหรี่มวนเองและบุหรี่ไฟฟ้า ซึ่งอยู่นอกขอบเขตของมาตรการภาษี จึงควรมีนโยบายเสริมที่ครอบคลุมมากขึ้นเพื่อสนับสนุนการควบคุมการบริโภคยาสูบอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ภาษีสรรพสามิตบุหรี่, พฤติกรรมการเริ่มและเลิกสูบบุหรี่

Abstract

This research aims to examine the effects of the 2017 cigarette excise tax restructuring on smoking initiation behavior and smoking cessation attempts. It utilizes secondary data from the National Statistical Office's Smoking and Alcohol Drinking Behaviour Surveys conducted in 2014, 2017, and 2021. Behavioral data before and after the tax structure change were analyzed using the Chi-square test. The results showed that after the 2017 tax restructuring, the number of regular smokers decreased across all age and gender groups, with the 15–24 age group experiencing the most significant reduction. Concurrently, smoking initiation decreased significantly among youth, showing a trend of delaying smoking initiation among those under 24 years of age. Furthermore, smoking cessation attempts increased significantly in the 25 and older age group, especially among the elderly, whose cessation attempt rate increased more than fourfold. This study indicates that excise tax measures are a key instrument in reducing the number of smokers and encouraging cessation attempts. However, other factors affecting behavior, such as the use of hand-rolled cigarettes and e-cigarettes, fall outside the scope of these tax

[1] สาขาเศรษฐศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจและนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] Economics, Faculty of Business and Communication Arts, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: kamthorn.th@up.ac.th

measures. Therefore, more comprehensive supplementary policies are needed to support sustainable tobacco control.

Keywords: Cigarette excise tax, Smoking initiation and cessation behavior

บทนำ

องค์การอนามัยโลก ให้แนวทางนโยบายในการลดการสูบบุหรี่โดยใช้มาตราการภาษีอากรอย่างน้อย 2 อัตรา จะเป็นนโยบาย win : win คือรัฐบาลเก็บภาษีได้เพิ่มขึ้นและลดจำนวนผู้สูบบุหรี่ลง (WHO, 2019; WHO, 2021) ในปี พ.ศ. 2560 รัฐบาลไทยได้ปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิตบุหรี่ใหม่ โดยเปลี่ยนจากการจัดเก็บภาษีแบบอัตราเดียวเป็นแบบผสม คือจัดเก็บตามมูลค่า 2 อัตรา (25% และ 42%) และตามปริมาณ 1.25 บาทต่อมวน 2 บาทตามลำดับ ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มรายได้ภาษีรัฐ ลดการบริโภค และควบคุมการเข้าถึงบุหรี่ราคาถูก อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจส่งผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคในหลายมิติ เช่น การเลือกซื้อบุหรี่ราคาถูก การหันไปใช้บุหรี่เถื่อน หรือแม้แต่การลดจำนวนการสูบ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2564 พบว่าอัตราการสูบบุหรี่ของประชากรไทยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2557 มีผู้สูบบุหรี่ประมาณ 20.7% ของประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไป ขณะที่ในปี พ.ศ. 2564 ลดลงเหลือ 17.4% ซึ่งอาจสะท้อนถึงผลกระทบของนโยบายภาษี ดังนั้น จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีในปี พ.ศ. 2560 จะมีผลต่อพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกและการใช้ความพยายามเลิกสูบอย่างไร จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ และมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิตในปี พ.ศ. 2560 ที่มีต่อพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกและการใช้ความพยายามเลิกของผู้บริโภคในปี พ.ศ. 2557และปี พ.ศ. 2564 (สสส, 2564)

การศึกษานี้มีกรอบแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องใน 3 ลักษณะ 1) พัฒนาการจัดเก็บภาษีสรรพสามิตในประเทศไทย 2) ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการบริโภคบุหรี่ และ 3) นโยบายของรัฐที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์ยาสูบ ดังต่อไปนี้

พัฒนาการจัดเก็บภาษีสรรพสามิตในประเทศไทย

การบริโภคยาสูบถือเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรทั่วโลก องค์การอนามัยโลกประเมินว่าในแต่ละปีมีผู้เสียชีวิตจากการใช้ผลิตภัณฑ์ยาสูบมากกว่า 8 ล้านคน และในจำนวนนี้กว่า 1.3 ล้านคนเป็นผู้ไม่สูบแต่ได้รับควันบุหรี่มือสอง (WHO, 2021) ประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของอนุสัญญา Framework Convention on Tobacco Control (FCTC) ในปี พ.ศ. 2547 โดยมีเป้าหมายเพื่อการควบคุมการบริโภคยาสูบ โดยใช้มาตรการด้านภาษีเป็นเครื่องมือ ซึ่งภาษีจะมีผลโดยตรงต่อราคาขายปลีกบุหรี่เพิ่มสูงขึ้น และสามารถลดความสามารถในการเข้าถึงของเยาวชนและผู้มีรายได้น้อย ดังนั้นการลดอัตราการสูบจึงเป็นเป้าหมายสำคัญของนโยบายสาธารณสุขในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย (สสส, 2564)

การปฏิรูปโครงสร้างภาษีสรรพสามิตบุหรี่ในปี พ.ศ. 2560 ถือเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญ โดยเปลี่ยนจากระบบอัตราภาษีแบบร้อยละตามมูลค่า (ad valorem) เพียงอย่างเดียว มาเป็นระบบผสม (mixed system) ซึ่งประกอบด้วย 1) อัตราภาษีตามมูลค่า คิดอัตราร้อยละในราคาขายปลีก 2) อัตราภาษีตามปริมาณนับตามจำนวนมวน (บาทต่อมวน) โดยกำหนดเพดานและขั้นอัตราภาษี ส่งผลให้ราคาบุหรี่สูงขึ้น แล้วมีผลให้ผู้สูบลดหรือเลิกสูบ (กรมสรรพสามิต, 2560)

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการบริโภคบุหรี่

ทฤษฎีความยืดหยุ่นของราคาต่ออุปสงค์ (Price Elasticity of Demand) ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงให้ทราบผลของการเพิ่มขึ้นของราคาบุหรี่ร้อยละ 10 จะมีผลต่อการลดลงร้อยละ 4– 8 ในประเทศพัฒนาแล้ว (มีรายได้สูง) และจะมีมากขึ้น (การลดลงมากกว่าร้อยละ 4–8) ในประเทศรายได้น้อยและปานกลาง ดังนั้นสามารถอนุมานได้ว่าในกลุ่มผู้มีรายได้น้อย เมื่อราคาบุหรี่เพิ่มสูงขึ้นย่อมเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของรายได้ จึงมีผลให้ผู้สูบบุหรี่ที่มีรายได้น้อยลดการบริโภคบุหรี่ หรือหาทางเลือกอื่นๆ ผลิตภัณฑ์ยาสูบประเภทอื่นๆ (Chaloupka et al., 2012)

ทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer Behavior Theory) กล่าวว่า เมื่อราคาสินค้าสูงขึ้น ผู้บริโภคจะมีพฤติกรรมปรับตัวเพื่อรักษาระดับสวัสดิการของตนเองไว้ และเป็นเช่นเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของราคาบุหรี่ โดยผู้สูบจะลดปริมาณการสูบ การปรับเปลี่ยนยี่ห้อที่มีราคาถูกลง การใช้บุหรี่มวนเอง และหันไปใช้ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีราคาถูกลง (Guindon et al., 2018)

นอกจากนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความเห็นสอดคล้องกัน การเพิ่มขึ้นของภาษีบุหรี่ มีผลต่อยอดขายบุหรี่สำเร็จรูปลดลงกลุ่มผู้มีรายได้น้อยในกลุ่มแรงงานได้รับผลกระทบด้านภาษีมากกว่าผู้มีรายได้สูง โดยลดปริมาณสูบต่อวัน และหันไปสูบบุหรี่มวนและเลือกซื้อบุหรี่ราคาถูกแทน โดยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรมสรรพสามิต (2561) นอกจากนี้งานวิจัยบางส่วนได้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มภาษีที่บุหรี่มีผลต่อกลุ่มวัยรุ่นช่วงต้น มีจำนวนการสูบลดลง (สสส., 2564)

นโยบายของรัฐที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์ยาสูบ

ประเทศไทยได้นำนโยบายและโครงการรณรงค์ในหลายระดับ ทั้งด้านกฎหมาย เศรษฐกิจ สังคม และสุขภาพมาใช้เพื่อควบคุมการบริโภคผลิตภัณฑ์ยาสูบ อาทิ พระราชบัญญัติควบคุมผลิตภัณฑ์ยาสูบ พ.ศ. 2560 เป็นกฎหมายหลักที่กำหนดข้อบังคับหลายด้าน เช่น ห้ามจำหน่ายแก่ผู้มีอายุต่ำกว่า 20 ปี ห้ามโฆษณา และกำหนดภาพคำเตือนขนาดใหญ่บนซองบุหรี่ มาตรการเสริม เช่น เขตปลอดบุหรี่ในสถานที่สาธารณะ สถานศึกษา และโรงพยาบาล ตลอดจนคลินิกให้คำปรึกษาเลิกสูบ ถูกนำมาใช้ควบคู่กับกฎหมาย งานวิจัยหลายฉบับชี้ว่าบริการช่วยเลิกบุหรี่ที่เข้าถึงง่าย การติดตามผล และการมีส่วนร่วมของชุมชน ช่วยเพิ่มโอกาสเลิกสำเร็จด้วย (กรมควบคุมโรค, 2565)

อย่างไรก็ตาม ผลกระทบของการขึ้นภาษีบุหรี่ไม่ได้มีเพียงการลดปริมาณการสูบ แต่ยังรวมถึงการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคในหลายรูปแบบ เช่น การเปลี่ยนยี่ห้อไปสู่ราคาถูก (downtrading) การใช้บุหรี่มวนเอง (Roll–Your–Own: RYO) และการซื้อเป็นมวนเดี่ยวแทนซอง ข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จึงมีความสำคัญต่อการประเมินประสิทธิผลของการเปลี่ยนแปลงระบบการจัดเก็บภาษีสรรพสามิตบุหรี่

วิธีการศึกษา

การกำหนดขอบเขตการศึกษา ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิ จากตารางสรุปการสำมะโนประชากร ชุดสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่และการดื่มสุราของประชากร ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ จัดเก็บข้อมูลทุก ๆ 3 ปี โดยเลือกข้อมูลเฉพาะส่วนของ พฤติกรรมการสูบบุหรี่ ปี พ.ศ. 2557 2560 และ 2564 โดยกำหนดให้ปี พ.ศ.2560 เป็นปีอ้างอิงก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการจัดเก็บภาษีสรรพสามิต (Expect frequency) ณ การศึกษานี้เรียกว่าปีฐาน และเปรียบเทียบกับปีสังเกตเหตุการณ์ (Observed frequency) ได้แก่ ปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2564 และมีการคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมด้วย เนื่องจากถ้าใช้ข้อมูลสำมะโนประชากร (หรือจำนวนข้อมูลที่เข้าใกล้จำนวนประชากร) ในการวิเคราะห์ข้อมูลย่อมลดความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ได้จากตัวอย่างและค่าจริงของประชากร (sampling error) และเพิ่มความแม่นยำในการใช้ค่าสถิติพื้นฐานในการอธิบายประชากร และไม่จำเป็นต้องใช้สถิติอนุมานและ

การทดสอบสมมุติฐาน แต่การเก็บข้อมูลที่ใกล้เคียงจำนวนประชากรจะใช้เวลา ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายจำนวนมากโดยไม่จำเป็น (Andrade, 2020) ดังนั้นการศึกษานี้จึงกำหนดค่าจำนวนตัวอย่างที่เหมาะด้วย G*Power กับข้อมูลที่มีรูปแบบ Contingency table (ตารางไขว้) สำหรับการวิเคราะห์สถิติไคสแควร์ G*Power ได้กำหนดค่าขนาดที่มีประสิทธิผล 3 ขนาดมาตรฐาน (Jacob Cohen; effect size w) คือค่าความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าคาดหวัง ขนาดเล็กน้อย (Small w = 0.1) ขนาดกลาง (Medium w = 0.3) และขนาดใหญ่ (Large w = 0.5) (Faul and et al., 2007) ร่วมกับค่า Degree of freedom (Df) ของการศึกษานี้ มีค่าเท่ากับ 2 6 7 และ 12 และกำหนดค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดข้อผิดพลาดประเภทที่ 1 (Typer 1 error) 0.05 (P-value) ดังตารางที่ 1 เมื่อได้คำนวณขนาดที่เหมาะสมแล้ว จะถูกใช้คำนวณค่าสัดส่วนระหว่างข้อมูลตัวอย่างที่ต้องการศึกษาเทียบกับประชากร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของ Contingency table ระหว่างปีฐาน (พ.ศ. 2560) และปีสังเกตเหตุการณ์ (พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2564)

ตารางที่ 1 การประมาณขนาดที่เหมาะสมด้วย G*Power 3

Degree of freedom (Df)	Effect size w		
	0.1	0.3	0.5
2	1,545	172	62
6	2,086	232	84
7	2,184	243	88
21	3,126	348	126

ที่มา: จากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*power 3.1.9.7

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา และวิธีการเก็บข้อมูล

การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องในเรื่องการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีสรรพสามิต พฤติกรรมการบริโภคบุหรี่ และผลลัพธ์ของนโยบาย สำหรับข้อมูลที่ใช้ศึกษาใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากตารางสรุปการสำมะโนประชากร ชุดสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่และการดื่มสุราของประชากร ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ จัดเก็บข้อมูลทุก ๆ 3 ปี และการศึกษานี้ใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2557 (ก่อนการเปลี่ยนแปลง) ข้อมูลปี พ.ศ. 2560 (เปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีสรรพสามิต) และข้อมูลปี พ.ศ. 2564 (หลังการเปลี่ยนแปลง) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557;2560;2564) โดยมีลำดับขั้นตอนวิธีการศึกษาดังนี้

การคำนวณขนาดที่เหมาะสมด้วย G* power 3 กับประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่เป็นประจำ จำแนกตามอายุที่เริ่มสูบครั้งแรก 4 กลุ่มอายุและพฤติกรรมการสูบบุหรี่ 8 ลักษณะ มีค่า Df 21 มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมระหว่าง 348 (w = 0.3) ถึง 3,126 (w = 0.1) ส่วน เพศ 2 กลุ่ม (ชายและหญิง) และพฤติกรรมการสูบบุหรี่ 8 ลักษณะมีค่า Df 7 มีขนานตัวอย่างที่เหมาะสมระหว่าง 243 (w = 0.3) ถึง 2,184 (w = 0.1)

สำหรับจำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่เป็นประจำ จำแนกตามการใช้ความพยายามเลิกสูบ 4 กลุ่มอายุและพฤติกรรมการสูบบุหรี่ 3 ลักษณะ มีค่า Df 6 มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมระหว่าง 232 (w = 0.3) ถึง 2,028 (w = 0.1) ส่วน เพศ 2 กลุ่ม (ชายและหญิง) และพฤติกรรมการสูบบุหรี่ 3 ลักษณะมีค่า Df 2 มีขนานตัวอย่างที่เหมาะสมระหว่าง 172 (w = 0.3) ถึง 1,545 (w = 0.1)

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้โปรแกรม excel วิเคราะห์ข้อมูล จากตารางแสดงข้อมูลความถี่ ของตัวแปรในแนวนอน (row) และข้อมูลในแนวตั้ง (columns) ที่เรียกว่า ตารางไขว้ (Cross-tabulation / Contingency table) และใช้วิเคราะห์ด้วยสถิติไคสแควร์ c2 (Chi-square test) ดังสูตรต่อไปนี้

$$x^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

x^2 คือ ค่าสถิติไคสแควร์

O_i คือ ค่าปีสังเกตเหตุการณ์ (Observed frequency) ได้แก่ ปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2564

E_i คือ ปี พ.ศ. 2560 ปีอ้างอิงก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการจัดเก็บภาษีสรรพสามิต (Expect frequency)

ตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์

เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภาษีสรรพสามิตบุหรี่กับพฤติกรรมการเริ่มสูบและเลิกสูบบุหรี่ โดยวิเคราะห์ตัวแปรในแนวนอน (Row) ได้แก่กลุ่มอายุ และเพศ ดังนี้

กลุ่มอายุ (ages) แบ่งเป็น 4 ช่วงอายุคือ 1) 15 -24 ปี 2) 25-44 ปี 3) 45-59 ปี และ 4) 60 ปีขึ้นไป

กลุ่มเพศ (sex) แบ่ง 2 กลุ่ม เพศชาย และ เพศหญิง

สำหรับตัวแปรในแนวตั้ง (Column) พฤติกรรมการเริ่มสูบครั้งแรกและเลิกบุหรี่ ดังนี้

พฤติกรรมเริ่มสูบครั้งแรกแบ่งเป็น แบ่งเป็น 8 กลุ่มได้แก่ 1) ต่ำกว่า 10 ปี 2) 10-14 ปี 3) 15-19 ปี 4) 20-24 ปี 5) 25-29 ปี 6) 30-34 ปี 7) 35-39 ปี และ 8) 40 ปีขึ้นไป

พฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ แบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่ 1) ไม่เคย/ไม่อยากเลิก (Never quit/Didn't want to quit) 2) เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิก (Just a thought but never tried) และ 3) เคยพยายามเลิก (Tried to quit)

สมมุติฐานสำหรับการทดสอบ

สมมุติฐานข้อที่ 1 กลุ่มอายุ 4 กลุ่มมีพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกแตกต่างกันหรือไม่ระหว่างปี พ.ศ. 2560 (ฐาน) และปีสังเกต ปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2564 ดังนี้

Ho: โครงสร้างของข้อมูลกลุ่มอายุ 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

H1: โครงสร้างของข้อมูลกลุ่มอายุ 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

สมมุติฐานข้อที่ 2 เพศ 2 กลุ่มมีพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกแตกต่างกันหรือไม่ระหว่างปี พ.ศ. 2560 (ฐาน) และปีสังเกต ปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2564 ดังนี้

Ho: โครงสร้างของเพศ 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่าง ปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

H1: โครงสร้างของเพศ 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

สมมุติฐานข้อที่ 3 กลุ่มอายุ 4 กลุ่มมีพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่แตกต่างกันหรือไม่ระหว่างปี พ.ศ. 2560 (ฐาน) และปีสังเกต ปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2564 ดังนี้

Ho: โครงสร้างของข้อมูลกลุ่มอายุ 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

H1: โครงสร้างของข้อมูลกลุ่มอายุ 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

สมมุติฐานข้อที่ 4 เพศ 2 กลุ่มมีพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่แตกต่างกันหรือไม่ระหว่างปี พ.ศ. 2560 (ฐาน) และปีสังเกต ปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2564 ดังนี้

Ho: โครงสร้างของข้อมูลเพศ 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่าง ปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

H1: โครงสร้างของข้อมูลเพศ 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีผลวิเคราะห์ตามลำดับตามข้อคำถามเพื่อทดสอบสมมุติฐาน 4 ข้อได้แก่ 1) กลุ่มอายุมีพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกแตกต่างกันหรือไม่ 2) เพศ มีพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกแตกต่างกันหรือไม่ 3) กลุ่มอายุมีพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่แตกต่างกันหรือไม่ และ 4) เพศ มีพฤติกรรมการพยายามเลิกบุหรี่แตกต่างกันหรือไม่ ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่ครั้งแรกเป็นประจำ และ เพศ ใน ปี พ.ศ. 2557, 2560 และ 2564

โครงสร้างการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่เป็นประจำ เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิงประมาณ 2 เท่า สำหรับการเปลี่ยนแปลงจำนวนผู้สูบบุหรี่ พบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2560 ส่วนใหญ่จำนวนผู้สูบบุหรี่ทุกช่วงอายุเพิ่มขึ้น และกลุ่มอายุที่เพิ่มมากที่สุดร้อยละ 15 เป็นกลุ่มที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป อย่างไรก็ตามกลุ่มอายุ 25 –44 มีจำนวนลดลงร้อยละ 8 สำหรับกลุ่มเพศ พบว่า เพศหญิงที่สูบบุหรี่เป็นประจำลดจำนวนลงร้อยละ 17.5 แต่กลุ่มเพศชายเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 3.7 เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีสรรพสามิตในปี พ.ศ. 2560 พบว่า จำนวนผู้สูบบุหรี่เป็นประจำลดลงทุกกลุ่มอายุและเพศในปี พ.ศ. 2564 โดยเรียงลำดับลดลงตามลำดับจากกลุ่มอายุน้อยไปมาก และมีจำนวนลดลงจำนวนมากในกลุ่มอายุ 15–24 โดยลดลงร้อยละ 91 ส่วนในกลุ่มเพศหญิงลดลงมากกว่าเพศชาย ร้อยละ 26 และ ร้อยละ 12 ตามลำดับ ซึ่งน่าจะเป็นผลของมาตราการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีสรรพสามิต โดยเฉพาะผลลัพธ์ที่จำนวนผู้สูบลดลงอย่างมากในกลุ่มอายุต่ำกว่า 25 ปี

จากข้อมูลของอายุการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรก ของกลุ่มอายุและเพศ พบว่า การเริ่มสูบบุหรี่จะมีรูปแบบเหมือนกัน 3 ลำดับแรกในปี พ.ศ. 2557, 2560 และ 2564 กล่าวคือ เริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างอายุ 15–19, 20–24 และ 10–14 ตามลำดับ แสดงว่าเกิดขึ้นในช่วงระหว่างเด็กและเยาวชนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และวัยผู้ใหญ่ตอนต้นช่วงวัยเรียนระดับอุดมศึกษา (หลังเรียนจบมัธยมศึกษาตอนปลาย) และเมื่อแยกกลุ่มระหว่างเพศ ชายและหญิง จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับกลุ่มอายุ ในปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีสรรพสามิต ในปี พ.ศ. 2564 การสูบบุหรี่ครั้งแรกจะพบมากที่ช่วงอายุ 10–14 และ 15–19 (เริ่มต้นเร็วขึ้นกว่าปีก่อนหน้า) ดังตารางที่ 2, 3 และ 4 เราสามารถสรุปรวมความได้ว่า การเริ่มต้นสูบบุหรี่จะเริ่มต้นในช่วงวัยเยาวชนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

และในระดับอุดมศึกษา และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีในปี พ.ศ. 2560 จำนวนผู้สูบบุหรี่ลดลงทุกๆกลุ่มอายุ เรียงลำดับจากมากไปน้อย จากกลุ่มอายุน้อยไปมาก แต่เมื่อพิจารณาเจาะจงไป ในปี พ.ศ. 2564 พบว่า การสูบบุหรี่ครั้งแรกเริ่มต้นเร็วขึ้นกว่า (ในกลุ่มเด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี) ลำดับถัดไปคือ การทดสอบสมมุติฐานความแตกต่างระหว่างปี พ.ศ. 2557, 2560 และ 2564

ตารางที่ 2 จำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่เป็นประจำ จำแนกตามอายุที่เริ่มสูบครั้งแรก (ปี) กลุ่มอายุ เพศ ปี พ.ศ. 2557

(หน่วย คน)

กลุ่มอายุ (ปี) เพศ	รวม	อายุที่เริ่มสูบครั้งแรก (ปี) Age of initiation / first started smoking (Years)							
		< 10	10 – 14	15 – 19	20 – 24	25 – 29	30 – 34	35 – 39	> 40
กลุ่มอายุ									
15 – 24	1,582,800	9,334	300,232 (2)	1,204,310 (1)	68,924 (3)	–	–	–	–
25 – 44	5,887,299	2,503	502,715 (3)	3,685,115 (1)	1,365,310 (2)	215,434	60,290	45,965	9,967
45 – 59	4,465,547	35,382	488,909 (3)	2,494,272 (1)	1,039,357 (2)	234,531	88,934	27,442	56,720
60 ขึ้นไป	3,140,076	38,167	485,516 (3)	1,484,582 (1)	782,634 (2)	143,833	87,761	49,033	68,550
เพศ									
ชาย	14,129,235	77,309	1,664,319 (3)	8,561,757 (1)	3,048,683 (2)	455,440	177,695	69,608	74,424
หญิง	946,487	8,076	113,053	306,522 (1)	207,543 (2)	138,358 (3)	59,290	52,832	60,813

ที่มา: (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557)

หมายเหตุ: (1) (2) (3) ลำดับการเปลี่ยนแปลงจากมากไปน้อย 3 ลำดับแรก

ตารางที่ 3 จำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่เป็นประจำ จำแนกตามอายุที่เริ่มสูบครั้งแรก (ปี) กลุ่มอายุ เพศ ปี พ.ศ. 2560

(หน่วย คน)

กลุ่มอายุ (ปี) เพศ	รวม	อายุที่เริ่มสูบครั้งแรก (ปี) Age of initiation / first started smoking (Years)							
		< 10	10 – 14	15 – 19	20 – 24	25 – 29	30 – 34	35 – 39	> 40
กลุ่มอายุ									
15 – 24	1,624,481	6,962	250,029 (2)	1,238,506 (1)	128,984 (3)	–	–	–	–
25 – 44	5,402,114	8,363	410,993 (3)	3,461,868 (1)	1,199,946 (2)	222,403	67,485	27,646	3,410
45 – 59	4,789,375	7,387	399,192 (3)	2,779,675 (1)	1,181,095 (2)	235,670	96,198	41,378	48,780
60 ขึ้นไป	3,619,516	15,317	481,046 (3)	1,838,160 (1)	881,578 (2)	203,475	116,289	27,900	55,751
เพศ									
ชาย	14,654,911	31,494	1,454,981 (3)	9,052,083 (1)	3,209,790 (2)	572,231	214,566	68,285	51,481
หญิง	780,575	6,535	86,279	266,127 (1)	181,812 (2)	89,318 (3)	65,406	28,638	56,460

ที่มา: (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560)

หมายเหตุ: (1) (2) (3) ลำดับการเปลี่ยนแปลงจากมากไปน้อย 3 ลำดับแรก

ตารางที่ 4 จำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่เป็นประจำ จำแนกตามอายุที่เริ่มสูบครั้งแรก (ปี) กลุ่มอายุ เพศ ปี พ.ศ. 2564

(หน่วย คน)

กลุ่มอายุ (ปี) เพศ	รวม	อายุที่เริ่มสูบครั้งแรก (ปี) Age of initiation / first started smoking (Years)							
		<10	10 – 14	15 – 19	20 – 24	25 – 29	30 – 34	35 – 39	>40
				กลุ่มอายุ					
15 – 24	141,404	271	141,133 (2)	951,824 (1)	133,538 (3)	–	–	–	–
25 – 44	4,572,187	74	236,093 (3)	2,877,790 (1)	1,211,893 (2)	188,916	38,965	16,611	1,845
45 – 59	4,162,689	481	222,153	2,378,717 (1)	1,172,436 (2)	233,123 (3)	93,570	23,221	38,988
60 ขึ้นไป	3,531,904	4,888	317,921 (3)	1,879,821 (1)	926,704 (2)	205,498	117,167	28,041	51,864
				เพศ					
ชาย	12,914,221	868,306(3)	7,861,738 (1)	3,281,767 (2)	575,974	215,234	52,185	54,989	868,306
หญิง	579,324	48,994	226,414 (1)	162,804 (2)	51,562 (3)	34,467	15,689	37,707	48,994

ที่มา: (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2564)

หมายเหตุ: (1) (2) (3) ลำดับการเปลี่ยนแปลงจากมากไปน้อย 3 ลำดับแรก

การทดสอบสมมุติฐาน ข้อที่ 1 และ ข้อที่ 2

สมมุติฐานข้อที่ 1 กลุ่มอายุ 4 กลุ่มมีพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกแตกต่างกันหรือไม่ระหว่างปี พ.ศ. 2560 (ปีฐาน) และปีสังเกต พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2564 มีสมมุติฐานดังนี้

Ho: โครงสร้างของข้อมูลกลุ่มอายุ 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

H1: โครงสร้างของข้อมูลกลุ่มอายุ 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

การทดสอบสมมุติฐาน ณ ระดับค่าวิกฤต (P–value 0.05) df เท่ากับ 21 ค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 32.671 พบว่า การวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 1,060 ตัวอย่าง และค่า Chi –squares มีค่าเท่ากับ 32.733 ณ ระดับ P–Value น้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ Ho สรุปว่า โครงสร้างข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยมีผลต่างของจำนวนผู้สูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 เพิ่มและลดใกล้เคียงกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2564 พบว่ามีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 1,300 ตัวอย่างและ ค่า Chi –squares มีค่าเท่ากับ 32.893 ณ ระดับ P–Value น้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ Ho สรุปว่า โครงสร้างข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่จำนวนผู้สูบบุหรี่ครั้งแรก ลดลงจากปี พ.ศ. 2560 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมุติฐานข้อที่ 2 เพศ ชาย และหญิง มีพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกแตกต่างกันหรือไม่ระหว่างปี พ.ศ. 2560 (ฐาน) และปีสังเกต พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2564 มีสมมุติฐานดังนี้

Ho: โครงสร้างของเพศ 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

H1: โครงสร้างของเพศ 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. ปี 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

การทดสอบสมมุติฐาน ณ ระดับค่าวิกฤต (P-value 0.05) df เท่ากับ 7 ค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 14.067 พบว่า การวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 พบว่า มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 900 ตัวอย่าง และค่า Chi -squares มีค่าเท่ากับ 14.07 ณ ระดับ P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ Ho สรุปว่า โครงสร้างข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยมีผลต่างของจำนวนผู้สูบบุหรี่ครั้งแรกระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 ส่วนใหญ่ลดลงในปี พ.ศ. 2560 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2564 พบว่ามีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 680 ตัวอย่างและ ค่า Chi -squares มีค่าเท่ากับ 14.34 ณ ระดับ P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ Ho สรุปว่า โครงสร้างข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่จำนวนผู้สูบบุหรี่ครั้งแรกลดลงจากปี พ.ศ. 2560 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลสรุปจากการวิเคราะห์สมมุติฐานข้อ 1 และ 2 หลังจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีปี พ.ศ. 2560 จำนวนการสูบบุหรี่ครั้งแรกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่ ที่มีพฤติกรรมพยายามเลิกสูบของกลุ่มอายุและเพศ

จากตารางที่ 5 พบว่า กลุ่มคนสูบบุหรี่ ที่มีพฤติกรรม เคย พยายามเลิกสูบบุหรี่ลดลง (2557 -2560) ทุกๆ ช่วงอายุและเพศ โดยเฉพาะในกลุ่มอายุช่วง 25-44 ปี ลดลงร้อยละ 53 แต่กลุ่มเคยคิดแต่ไม่เคยทำเพิ่มขึ้นทุกช่วงกลุ่มอายุและเพศ โดยประมาณร้อยละ 25 ส่วนกลุ่มไม่เคยคิด/ไม่อยากเลิก เพิ่มขึ้นในช่วงอายุ 15-24 ปี ร้อยละ 14 ช่วงอายุอื่นๆลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีปี 2560 พบว่าหลังจากนี้ กลุ่มคนสูบบุหรี่ เคยพยายามเลิกสูบบุหรี่เพิ่มขึ้น (2560-2564) ทุกช่วงอายุ เพิ่มขึ้นจากกลุ่มอายุมากไปกลุ่มอายุน้อยตามลำดับ และที่มากที่สุดในช่วงผู้สูงอายุที่มีมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 439 สำหรับส่วนพฤติกรรม ส่วนใหญ่ของ กลุ่มไม่เคย/ไม่อยากเลิก และกลุ่มเคยคิดแต่ไม่เคยทำเพิ่มขึ้น โดยเพราะอย่างยิ่ง กลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป เพิ่มร้อยละ 68 และ ร้อยละ 51 ตามลำดับ

การทดสอบสมมุติฐาน ข้อที่ 3 และ ข้อที่ 4

สมมุติฐานข้อที่ 3 กลุ่มอายุ 4 กลุ่มมีพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่แตกต่างกันหรือไม่ระหว่างปี พ.ศ. 2560 (ปีฐาน) และปีสังเกต พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2564 มีสมมุติฐานดังนี้

Ho: โครงสร้างของข้อมูลกลุ่มอายุ 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

H1: โครงสร้างของข้อมูลกลุ่มอายุ 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

โดยมีค่าสถิติไคสแควร์ สำหรับทดสอบสมมุติฐาน ณ ระดับค่าวิกฤต (P-value 0.05) เท่ากับ 12.592 df เท่ากับ 6

ตารางที่ 5 จำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่สูบบุหรี่เป็นประจำ จำแนกตามการใช้ความพยายามเลิกสูบ ในกลุ่มอายุ เพศ

(หน่วย คน)

กลุ่มอายุ (ปี) เพศ	การพยายามเลิกสูบบุหรี่ ปี พ.ศ. 2557			การเปลี่ยนแปลงของประชากร จำแนกตามการใช้ความพยายามเลิกสูบปี ปี พ.ศ. 2557–ปี พ.ศ. 2560			การพยายามเลิกสูบบุหรี่ ปี พ.ศ. 2560			การเปลี่ยนแปลงของประชากร จำแนกตามการใช้ความพยายามเลิกสูบปี ปี พ.ศ. 2560–ปี พ.ศ. 2564			การพยายามเลิกสูบบุหรี่ พ.ศ. 2564		
	ไม่เคย / ไม่อยากเลิก	เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิก	เคยพยายามเลิก	ไม่เคย/ไม่อยากเลิก (%)	เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิก (%)	เคยพยายามเลิก (%)	ไม่เคย / ไม่อยากเลิก	เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิก	เคยพยายามเลิก	ไม่เคย / ไม่อยากเลิก (%)	เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิก (%)	เคยพยายามเลิก (%)	ไม่เคย / ไม่อยากเลิก	เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิก	เคยพยายามเลิก
15 – 24	542,485	305,214	259,934	14.14	26.55	-36.90	619,188	386,259	164,010	11.25	-8.51	1.75	68,8873	35,3401	16,6886
25 – 44	1,755,830	1,141,182	1,459,155	-2.21	31.22	**-53.27**	1,716,969	1,497,422	681,921	16.00	-1.03	70.52	1,991,765	1,481,991	1,162,845
45 – 59	1,138,048	847,146	1,026,953	-1.35	24.28	-29.36	1,122,720	1,052,812	725,467	33.36	14.67	114.44	1,497,292	1,207,290	1,555,715
60 ปีขึ้นไป	587,545	433,295	505,736	1.28	20.31	-32.47	595,087	521,290	341,524	68.30	50.57	**438.74**	1,001,556	784,929	1,839,938
ชาย	3,840,229	2,594,522	3,055,293	1.50	27.44	-40.41	3,898,023	3,306,455	1,820,557	27.78	11.09	146.74	4,980,840	3,672,999	4,492,079
หญิง	183,679	132,316	196,484	-15.1	14.37	-52.99	155,942	151,328	92,362	27.38	2.17	152.60	198,645	154,612	233,304

ที่มา: (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557; 2560; 2564)

การวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 พบว่า มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 105 ตัวอย่าง และ ค่า Chi –squares มีค่าเท่ากับ 12.64 ณ ระดับ P–Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ Ho สรุปว่า โครงสร้างข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยมีผลต่างของจำนวนการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 เพิ่มและลดเท่ากัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่น่าสนใจคือ กลุ่มเคยพยายามเลิกสูบบุหรี่ลดลงทุกช่วงอายุ

สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2564 พบว่า มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 40 ตัวอย่างและ ค่า Chi –squares มีค่าเท่ากับ 13.01 ณ ระดับ P–Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ Ho สรุปว่า โครงสร้างข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่มีจำนวนการพยายามเลิกสูบบุหรี่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในกลุ่มคนเคยพยายามเลิกที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไป

สมมุติฐานข้อที่ 4 คำถามเพื่อทดสอบสมมุติฐาน เพศ 2 กลุ่มมีพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่แตกต่างกันหรือไม่ระหว่างปี พ.ศ. 2560 (ฐาน) และปีสังเกต พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2564 มีสมมุติฐานดังนี้

Ho: โครงสร้างของข้อมูลเพศ 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

H1: โครงสร้างของข้อมูลเพศ 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันกับพฤติกรรมการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ ปี พ.ศ. 2560 (และระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2564)

โดยมีค่าสถิติไคสแควร์ สำหรับทดสอบสมมุติฐาน ณ ระดับค่าวิกฤต (P–value 0.05) เท่ากับ 5.991 df เท่ากับ 2

การวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 พบว่า มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 62 ตัวอย่าง และ ค่า Chi –squares มีค่าเท่ากับ 6.312 ณ ระดับ P–Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ Ho สรุปว่า โครงสร้างข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยมีผลต่างของจำนวนการพยายามเลิกสูบบุหรี่ระหว่างปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2560 เพิ่มและลดเท่ากัน อย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่น่าสนใจคือ กลุ่มเคยพยายามเลิกสูบบุหรี่ลดลงทั้งชายและหญิง

สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2564 พบว่ามีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 50 ตัวอย่างและ ค่า Chi –squares มีค่าเท่ากับ 6.3 ณ ระดับ P–Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ Ho สรุปว่า

โครงสร้างข้อมูลมีความแตกต่างกัน โดยมีจำนวนการพยายามเลิกสูบบุหรี่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 ทั้งเพศชายและหญิง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในกลุ่มคนเคยพยายามเลิกทั้งชายและหญิง

จากผลวิเคราะห์สมมุติฐานข้อ 3 และ 4 หลังจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีปี พ.ศ. 2560 จำนวนการพยายามเลิกสูบบุหรี่ในส่วนกลุ่มเคยพยายามเลิก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิเคราะห์เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภาษีสรรพสามิตบุหรี่กับพฤติกรรมการเริ่มสูบและเลิกสูบบุหรี่ เป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของโครงสร้างข้อมูลพฤติกรรมการเริ่มสูบและเลิกสูบบุหรี่ เปรียบเทียบปีฐาน ปี พ.ศ. 2560 กับปีสังเกตการณ์ก่อน (ปี พ.ศ. 2557) และหลัง (ปี พ.ศ. 2564) โดยรูปแบบข้อมูลเป็น Contingency table และวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติไคสแควร์ด้วยโปรแกรม Excel พบว่า ข้อมูลเบื้องต้นระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2560 ส่วนใหญ่จำนวนผู้สูบบุหรี่ทุกช่วงอายุเพิ่มขึ้น และกลุ่มอายุที่เพิ่มมากที่สุดเป็นกลุ่มที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป สำหรับกลุ่มเพศ พบว่าเพศหญิงที่สูบบุหรี่เป็นประจำลดลงมากที่สุด แต่กลุ่มเพศชายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภาษีสรรพสามิตในปี พ.ศ. 2560 พบว่าจำนวนผู้สูบบุหรี่เป็นประจำลดลงทุกกลุ่มอายุและเพศ ในปี พ.ศ. 2564 และมีจำนวนลดลงจำนวนมากเกือบ 12 เท่าในกลุ่มอายุ 15–24 ส่วนในกลุ่มเพศหญิงลดลงมากกว่าเพศชายหนึ่งในสี่ สำหรับอายุการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรก เป็นกลุ่มวัยรุ่นมีอายุต่ำกว่า 20 ปี

สำหรับการใช้ความพยายามเลิกสูบในปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2560 พบว่า กลุ่มอายุเคยพยายามเลิกมีจำนวนน้อยลงทุกช่วงอายุ ส่วนกลุ่มอายุ ไม่เคย/ไม่อยากเลิกเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในช่วงอายุ 15–24 ปี ส่วนกลุ่มที่เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิกกลับมากขึ้นในทุกช่วงอายุ ส่วนความพยายามเลิกสูบระหว่าง ปี พ.ศ. 2560 ถึง ปี พ.ศ. 2564 เคยพยายามเลิกมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกช่วง ในขณะที่ประชากรส่วนใหญ่ไม่เคย/ไม่อยากเลิกเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในช่วง อายุ 60 ปีขึ้นไป และประชากรที่เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิกกลับเพิ่มขึ้นในช่วงอายุ 60 ปีขึ้นกึ่งหนึ่ง สำหรับกลุ่มเพศ พบว่าระหว่าง ปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2560 ไม่เคย/ไม่อยากเลิกลดลง ในเพศหญิงและเพิ่มขึ้นในเพศชายเล็กน้อย เคยคิดแต่ไม่เคยพยายามเลิก เคยพยายามเลิกเพิ่มขึ้นทั้งเพศหญิงและชาย ในขณะที่การเคยพยายามเลิกลดลงทั้งเพศหญิงและชายโดยลดลงในเพศชายมากกว่าเพศหญิงกึ่งหนึ่ง และพบว่าระหว่าง ปี พ.ศ. 2560 ถึงปี พ.ศ.2564 ทั้งไม่เคย/ไม่อยากเลิก ไม่เคยพยายามเลิก ส่วนใหญ่เพิ่มในกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป และเคยพยายามเลิกเพิ่มมากที่สุดในช่วง 60 ปีขึ้นไป 4 เท่า และเพศที่เคยพยายามเลิกมีเพิ่มขึ้นทั้งเพศหญิงและชาย ทำเกิดปรากฏการณ์การแบ่งขั้วชัดเจนของพฤติกรรมการสูบ (Polarization behavior of smokers) คือกลุ่มที่จงรักภักดีกับการสูบไม่ว่าราคาจะเพิ่มสูงขึ้น (ติดบุหรี่อย่างรุนแรง) กับอีกกลุ่มเลิกบุหรี่ และกลุ่มพยายามที่จะเลิกบุหรี่ สำหรับผลการวิเคราะห์สมมุติฐาน กลุ่มอายุและเพศมีพฤติกรรมการเริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปีฐาน (พ.ศ. 2560) และปีสังเกต ปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2564 ส่วนผลการวิเคราะห์สมมุติฐาน กลุ่มอายุและเพศมีพฤติกรรมการพยายามเลิกบุหรี่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปี พ.ศ. 2560 กับปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2564

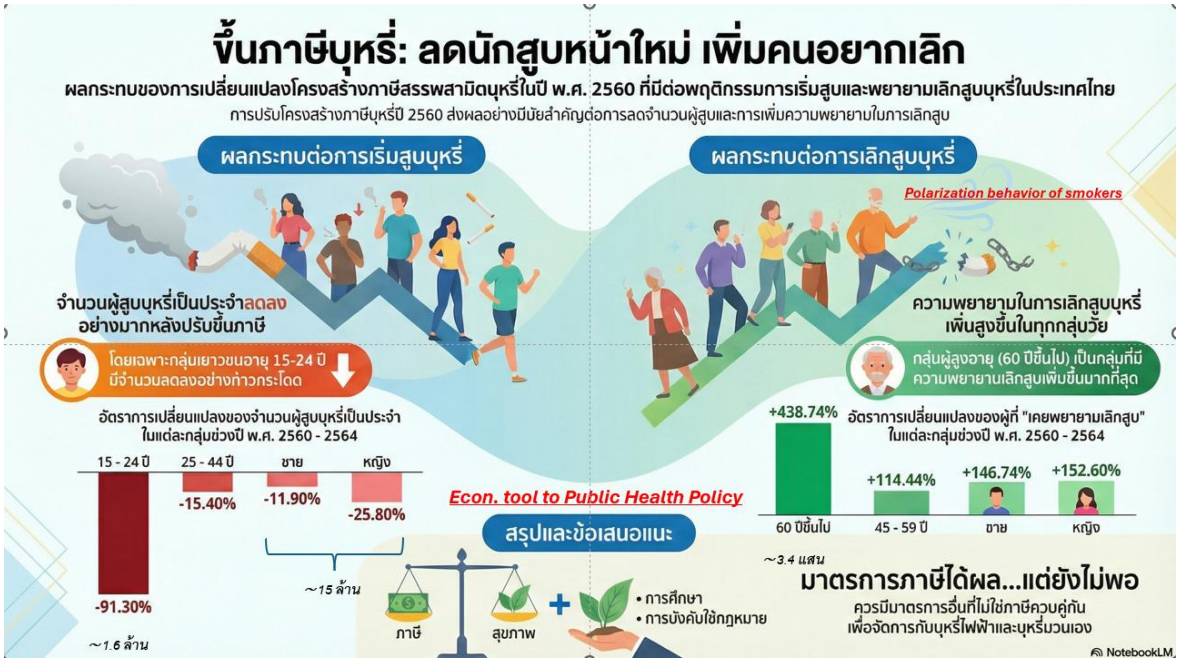


Fig 1 Conclusion diagram

ที่มา สร้างภาพด้วย NotebookLM

อภิปรายผล

การศึกษานี้พบว่า เมื่อมีการเก็บภาษีสรรพสามิตบุหรี่ในสองอัตรา คือเก็บตามร้อยละของมูลค่าและเก็บตามปริมาณจำนวนที่สูบมีผลต่อการลดลงของจำนวนผู้สูบบุหรี่หลังการเปลี่ยนแปลงภาษีในปี พ.ศ. 2560 สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของกรมสรรพสามิต (2561) นอกจากนี้ การศึกษานี้ยังพบว่า ประชากรส่วนใหญ่เริ่มสูบบุหรี่ครั้งแรกกระจุกตัวในช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี (อายุน้อย) ถ้าราคาบุหรี่สูงขึ้นจากภาษีสรรพสามิตจะมีผลต่อกลุ่มวัยรุ่นช่วงต้นจะสูบบุหรี่ลดลง (สสส., 2564) การศึกษานี้พบว่า การขึ้นภาษีสรรพสามิตยังส่งผลต่อพฤติกรรมการสูบบุหรี่ลดจำนวนการสูบลงเนื่องจาก เพื่อรักษาระดับสวัสดิการของตนเองไว้ตามทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer Behavior Theory) ตามผลการศึกษาของ Guindon (2018) นอกจากนี้ตามทฤษฎีความยืดหยุ่นของราคาต่ออุปสงค์ (Price Elasticity of Demand) ตามผลการศึกษาของ Chaloupka (2012) ในกลุ่มผู้มีรายได้น้อย เมื่อราคาบุหรี่เพิ่มสูงขึ้นย่อมเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของรายได้ จึงมีผลผู้สูบบุหรี่ที่มีรายได้น้อย ลดการบริโภคบุหรี่ อีกทั้งการศึกษานี้ยังพบว่า การเพิ่มขึ้นของภาษีสรรพสามิตจะส่งผลโดยตรงกับกลุ่มผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) และกลุ่มวัยกลางคน (45–59 ปี) วัยทำงาน (25–44 ปี) ซึ่งเคยพยายามเลิกสูบบุหรี่เพิ่มขึ้นอย่างมาก 4, 2 และ 0.7 เท่าตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า การเพิ่มขึ้นของภาษีสรรพสามิตจะไม่ส่งผลโดยตรงกับกลุ่มวัยรุ่นที่เคยพยายามเลิกซึ่งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

การขึ้นภาษีสรรพสามิตมีผลทำให้ผู้สูบบุหรี่ลดจำนวนลง โดยเฉพาะเป็นการจำกัดการเข้าถึงของผู้สูบบุหรี่ที่มีอายุน้อย (ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น) ให้มีจำนวนลดลง สำหรับในกลุ่มผู้สูงอายุมีความพยายามจะเลิกสูบบุหรี่เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นๆ จูงใจให้ผู้สูบบุหรี่มีทางเลือก เช่น บุหรี่มวนเอง บุหรี่ไฟฟ้า ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากมาตรการปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิต ดังนั้นจึงควรมีมาตราการอื่นที่ๆไม่ใช่ภาษีร่วมด้วย ดังนี้

1) ติดตามประเมินผลโครงการ “โรงเรียนปลอดบุหรี่” จาก มาตรการลดการเข้าถึงการสูบบุหรี่ในเด็กและเยาวชนอายุ 7 มาตรการ ของกระทรวงศึกษาฯในปี 2566 ตามพ.ร.บคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่ พ.ศ. 2535 เพื่อกำหนดเป็นโรงงเรียนต้นแบบ และถอดบทเรียนนำสู่แนวปฏิบัติสู่โรงเรียนอื่นๆ
2) ปรับปรุง พัฒนา แนวทางการบังคับใช้กฎหมาย และบทลงโทษ ของหน่วยงานกำกับ ที่เกี่ยวเนื่องกับบุหรี่และบุหรี่ไฟฟ้า ต่อเยาวชนที่มี ลักษณะเฉพาะแยกจากประชาชนทั่วไป (ไม่เน้นการจับและปรับในอัตราที่สูง) แต่เปิดโอกาสให้มีผู้มีส่วนร่วมในภาคสังคม (พ่อแม่ ผู้ปกครองและ ชุมชน) เข้าแก้ปัญหากับเด็กและเยาวชน
3) ข้อควรเฝ้าระวังต่อไปในอนาคตอันใกล้นี้กับ สินค้าที่สามารถทดแทนบุหรี่ปรกติ (ผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่นบุหรี่ไฟฟ้า) ในกลุ่มเด็กและเยาวชน (Gen Z และ A) ที่อยู่นอกเหนือการควบคุมดูแลของกฎหมาย สังคมจะรับมืออย่างไร

สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับเทคนิคการวิจัยครั้งต่อไป คือการพิสูจน์การลดลงของผู้สูบบุหรี่ที่เกิดขึ้น เป็นผลของการเพิ่มขึ้นของภาษีหรือไม่? ด้วยเทคนิค Difference in Difference โดยข้อมูลพฤติกรรมการสูบของแต่ละบุคคล เพิ่มตัวแปรอื่นๆอาทิเช่น ปัจจัยของสินค้าทดแทนอื่น ๆ (บุหรี่ไฟฟ้า บุหรี่ม้วนเอง ผลิตภัณฑ์ทดแทนบุหรี่) และสถานการณ์โควิด 2019 (ปี 2562) ร่วมในการวิเคราะห์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาเศรษฐศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจและนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษา และขอขอบพระคุณมารดา และคุณยายที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในทุก ๆ เรื่องเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

กรมสรรพสามิต. (2560). **พระราชบัญญัติภาษีสรรพสามิต พ.ศ. 2560**. กรุงเทพฯ: กรมสรรพสามิต.

กรมสรรพสามิต. (2561). **รายงานการจัดเก็บภาษีบุหรี่ตามโครงสร้างใหม่**. กรุงเทพฯ: กรมสรรพสามิต.

กรมควบคุมโรค. (2565). **แผนปฏิบัติการ ด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2565 –2570**. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมโรค. URL : แผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ–ฉ.3-ฉบับเต็ม.pdf

สสส. (2564). **20 ปี สสส ภาคีสร้างสุข นวัตกรรม ความสุขที่ยั่งยืน**: รายงานประจำปี 2564. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส).

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2557). **การสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่ และการดื่มสุราของประชากร พ.ศ. 2557**. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). **การสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่ และการดื่มสุราของประชากร พ.ศ. 2560**. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2564). **การสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่ และการดื่มสุราของประชากร พ.ศ. 2564**. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.

Andrade C. Sample Size and its Importance in Research**. Indian J Psychol Med**. (2020) Jan 6;42(1):102–103. doi: 10.4103/IJPSYM.IJPSYM_504_19. PMID: 31997873; PMCID: PMC6970301.

Chaloupka F. J., Yurekli A., Fong G. T. Tobacco taxes as a tobacco control strategy. **Tobacco Control**. (2012) Mar;21(2):172–80. doi: 10.1136/tobaccocontrol–2011–050417. Erratum in: Tob Control. 2012 May;21(3):329. PMID: 22345242.

Faul, F., et al. (2007) G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, 39, 175–191. doi:10.3758/BF03193146

Guindon, G. E., Paraje, G., & Chaloupka, F. J. (2018). The impact of prices and taxes on the use of tobacco products in Latin America. **American Journal of Public Health**, 108(S6), S492–S502.

WHO. (2019). **WHO report on the global tobacco epidemic, 2021**. Geneva: World Health Organization.

WHO. (2021). **WHO report on the global tobacco epidemic, 2021**. Geneva: World Health Organization (WHO).

มาตรการทางกฎหมายเพื่อควบคุมอุตสาหกรรมสื่อออนไลน์และผู้มีอิทธิพลบนสังคมออนไลน์ในประเทศไทย: ศึกษากรณีอินฟลูเอนเซอร์ที่รีวิวผลิตภัณฑ์เสริมความงาม

Legal measures for controling the online media industry and social media Influencer in Thailand: A case study of beauty products review influencer

ศราวุฒิ กันตพงศ์เพชร[1*]

Sarawut kantaphomgphet[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาปัญหาความไม่เหมาะสมของกฎหมายไทยที่จะนำมาใช้ในการควบคุมอินฟลูเอนเซอร์ที่รีวิวผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ได้แก่ พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 และร่าง พระราชบัญญัติ ส่งเสริมจริยธรรมและมาตรฐานวิชาชีพสื่อมวลชน พ.ศ. ..... เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนามาตรการทางกฎหมายที่สามารถควบคุมหรือกำกับดูแลเป็นการเฉพาะ เช่น ระบบการขึ้นทะเบียน ซึ่งการวิจัยนี้จะใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยศึกษาจากเอกสารประกอบกับการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบบมาตรการ “ฉิงหล่างสิงต้ง” ของจีน และกฎหมายควบคุมการตลาดของนอร์เวย์ เพื่อเสนอแนวทางในการอุดช่องว่างดังกล่าว

ผลการศึกษาพบว่ามาตรการทางกฎหมายของประเทศไทยยังมีข้อพกพร่องและไม่สามารถนำมาบังคับใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 ไม่มีคำนิยามที่ชัดเจนของ “การรีวิว” และไม่ครอบคลุมถึง “การตกแต่งภาพ” ขณะที่พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 ไม่เหมาะสมในการพิสูจน์เจตนา "โดยทุจริต" ในเรื่องของการนำเข้าข้อมูลอันเป็นเท็จ และ ร่างพระราชบัญญัติ ส่งเสริมจริยธรรมและมาตรฐานวิชาชีพสื่อมวลชน พ.ศ. ..... ไม่ครอบคลุมถึง อินฟลูเอนเซอร์ เนื่องจากไม่เข้าข่ายของ “สื่อมวลชน” ตามคำนิยามได้ ในขณะเดียวกันมาตรการทางกฎหมายของต่างประเทศ เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีนมีการกำหนดมาตรการทางกฎหมายเพื่อใช้ในการควบคุมค่านิยมโดยรัฐ และมาตรการทางกฎหมายของประเทศนอร์เวย์ที่สร้างมาตรการความโปร่งใสเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับเด็กและเยาวชน

ผู้วิจัยจึงมีแนวทางข้อเสนอแนะ คือ 1. เสนอให้มีมาตรการทางกฎหมายเฉพาะในการควบคุมเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นการแนะนำสินค้า (การรีวิว) โดยการเปิดเผยข้อมูลสำคัญของสินค้าให้ครบถ้วน และติดป้ายแสดงสัญลักษณ์ว่าภาพนั้นผ่านการตกแต่งมา 2. จัดทำระบบทะเบียนกลางสำหรับอินฟลูเอนเซอร์ และ 3. สร้างความร่วมมือกับแพลตฟอร์มเพื่อควบคุมเนื้อหาที่กระทบต่อค่านิยมสังคม เพื่อสร้างสมดุลระหว่างเสรีภาพในการแสดงออกและความรับผิดชอบต่อสังคม

คำสำคัญ: อินฟลูเอนเซอร์, สื่อออนไลน์, คอนเทนครีเอเตอร์, ค่านิยม

---

[1] คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[1] School of Law University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding author: sarawut_tatee@hotmail.com

Abstract

This research investigates the inadequacy of existing Thai legislation in regulating influencers who review beauty products. The study analyzes the applicability of the Consumer Protection Act, B.E. 2522 (1979); the Computer-Related Crime Act, B.E. 2550 (2007); and the Draft Act on the Promotion of Ethics and Professional Standards of Mass Media, B.E. ..... The objective is to explore the development of specific legal measures for control and oversight, such as a mandatory registration system. Employing a qualitative, documentary research methodology, this study conducts a comparative analysis of China's "Qinglang" (Clear and Bright) operation and Norway's Marketing Control Act to propose solutions for existing legislative gaps.

The findings indicate that Thailand's existing legal framework possesses significant deficiencies and cannot be enforced effectively. The Consumer Protection Act, B.E. 2522, lacks a clear definition of "re viewing" and fails to encompass "photo manipulation." The Computer-Related Crime Act, B.E. 2550, is unsuitable for proving "fraudulent intent" regarding the importation of false data. Furthermore, the Draft Act on the Promotion of Ethics and Professional Standards of Mass Media does not extend to influencers, as they do not fall within the legal definition of "mass media." In contrast, foreign legal measures, such as those in the People's Republic of China, establish state control over social values, while Norway's legislation mandates transparency to mitigate harms affecting children and adolescents.

The researcher consequently proposes several recommendations: first, the enactment of specific legal measures to regulate product recommendation content (reviews), compelling the full disclosure of essential product information and mandating a clear label or symbol to indicate that an image has been digitally altered. Second, the establishment of a central registration system for influencers. Third, fostering cooperation with online platforms to regulate content that adversely impacts societal values, thereby creating a balance between freedom of expression and social responsibility.

Keywords: Influencer, Online media, Content creator, Values

บทนำ

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแบบก้าวกระโดดของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ส่งผลให้พฤติกรรมของมนุษย์มีความเปลี่ยนแปลงไป ในช่วงการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 อินเทอร์เน็ตได้กลายเป็นช่องทางสำคัญในการติดตามข่าวสารและความบันเทิง นำไปสู่การสร้างคอนเทนต์บนแพลตฟอร์มต่างๆ และการเกิดขึ้นของ "อินฟลูเอนเซอร์" (Influencer) หรือผู้มีอิทธิพลบนสื่อออนไลน์ ซึ่งเป็นผู้สร้างเนื้อหาบนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผู้ติดตามจำนวนมากและมีอิทธิพลต่อความคิดของผู้คน ซึ่งในประเทศไทย มีจำนวนผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ถึง 58.04 ล้านคน (Kemp, 2023) และมีอินฟลูเอนเซอร์มากกว่า 2 ล้านคน (การเงินการธนาคาร, 2567) ซึ่งสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจมหาศาลและคาดว่าจะเติบโตขึ้นอีกหลายเท่าในอนาคต

อย่างไรก็ตาม การเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วยังขาดการกำกับดูแลที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดปัญหาเชิงลบต่อสังคมในวงกว้าง เนื่องจากอินฟลูเอนเซอร์บางกลุ่มมุ่งสร้างเนื้อหาตามกระแสโดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องและความเหมาะสม โดยปัญหาที่พบได้บ่อยคือ การเผยแพร่ข้อมูลสุขภาพที่เป็นเท็จ เช่น การแนะนำสูตรสมุนไพรที่ไม่มีหลักฐานทางการแพทย์รองรับ (ศูนย์ต่อต้านข่าวปลอมประเทศไทย, 2566) การสร้างค่านิยมที่ผิด เช่น การอวด

ความร่ำรวยที่อาจนำไปสู่การเป็นหนี้สิน การชักจูงให้กระทำผิดกฎหมาย เช่น การแอบแฝงโฆษณาเว็บพนันออนไลน์ ปัญหาที่น่ากังวลอีกประเด็นหนึ่งก็คือ อินฟลูเอนเซอร์ที่ทำการแนะนำผลิตภัณฑ์สินค้า (การรีวิว) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรีวิวสินค้าประเภทผลิตภัณฑ์เสริมความงาม แม้ผู้บริโภคจะเชื่อมั่นในตัวอินฟลูเอนเซอร์ แต่การรีวิวจำนวนมากอาจมีการแอบแฝงผลประโยชน์ เช่น การไม่เปิดเผยว่าได้รับการว่าจ้าง การกล่าวอ้างสรรพคุณเกินจริง และการละเลยข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เช่น ส่วนผสม หรือมาตรฐานการผลิต การกระทำเหล่านี้จึงอาจสร้างความเสี่ยงต่อผู้บริโภค แต่เนื่องจากช่องว่างทางกฎหมายในปัจจุบันที่ไม่สามารถบังคับใช้ให้ครอบคลุมเช่นเดียวกับสื่อหลักได้

แม้ว่าในประเทศไทยจะมีกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 (พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค, 2522) และพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 (พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์, 2550) แต่ก็ยังไม่สามารถนำมาบังคับใช้ให้ครอบคลุมไปถึง อินฟลูเอนซอร์ (Influencer) ได้ เนื่องจากการรีวิวนั้นยังมีความคลุมเครือ ผู้วิจัยได้ศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่ากฎหมายที่ใช้บังคับอยู่ของประเทศไทยยังคงมีความบกพร่องและได้มีผู้เสนอให้มีการติดป้ายกำกับภาพที่ตกแต่งแล้วก็ตาม (สุธีราภรณ์ และคณะ, 2566) แต่ก็ยังคงมีจุดที่ผู้วิจัยเห็นว่ายังขาดในเรื่องของแนวทางแก้ไขที่เป็นรูปธรรมในเชิงมาตรการทางกฎหมายเฉพาะทาง โดยเฉพาะ ระบบการขึ้นทะเบียนอินฟลูเอนเซอร์ และ การประยุกต์ใช้แนวทางการกำกับดูแลค่านิยมสังคม (ธนภรณ์ นวลชื่น, 2567) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาปัญหาความไม่เหมาะสมของกฎหมายที่ใช้ควบคุมสื่อออนไลน์ในปัจจุบัน และปัญหาการไม่มีกฎหมายเฉพาะในการควบคุมอินฟลูเอนเซอร์ โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการจำกัดสิทธิเสรีภาพของประชาชนโดยรัฐ แม้ว่าบุคคลจะมีสิทธิเสรีภาพในการประกอบอาชีพและเสรีภาพในการแสดงออกก็ตาม (นภนันทน์ จันทราชโลธร, 2566) แต่หากการแสดงออกหรือการประกอบอาชีพนั้นส่งผลกระทบต่อประโยชน์สาธารณะ หรือความสงบเรียบร้อยหรือศีลธรรมอันดีของประชาชนโดยรวมแล้ว รัฐก็มีอำนาจในการออกมาตรการทางกฎหมายเพื่อจะเข้ามาจำกัดสิทธิเสรีภาพนั้น ดังนั้นการพิจารณามาตรการในการกำกับดูแลอินฟลูเอนเซอร์จึงต้องคำนึงถึงการคุ้มครองสิทธิเสรีภาพกับการรักษาผลประโยชน์โดยรวมของรัฐ ด้วยเหตุดังที่กล่าวมานี้ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาปัญหาความไม่เหมาะสมของกฎหมายที่ใช้ควบคุมสื่อออนไลน์ในปัจจุบัน และปัญหาการไม่มีกฎหมายเฉพาะในการควบคุมอินฟลูเอนเซอร์ เพื่อหาแนวทางในการพัฒนากลไกทางกฎหมายที่สามารถกำกับดูแลและสร้างความรับผิดชอบให้แก่อินฟลูเอนเซอร์ได้อย่างเหมาะสมและทันต่อสถานการณ์

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปัญหาความไม่เหมาะสมของกฎหมายที่เกี่ยวกับการควบคุมเนื้อหาสื่อออนไลน์ และปัญหาการไม่มีกฎหมายเฉพาะในการควบคุมผู้มีอิทธิพลบนสังคมออนไลน์
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบมาตรการทางกฎหมายของประเทศไทยกับมาตรการทางกฎหมายของต่างประเทศที่เกี่ยวกับการควบคุมเนื้อหาสื่อออนไลน์และผู้มีอิทธิพลบนสังคมออนไลน์
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนากฎหมายและมาตรการทางกฎหมายที่เหมาะสมในการควบคุมเนื้อหาสื่อออนไลน์และผู้มีอิทธิพลบนสังคมออนไลน์ในประเทศไทย

สมมุติฐานของการศึกษา

ในประเทศไทยมีจำนวนอินฟลูเอนเซอร์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบันที่หันมารับชมข่าวสารผ่านสื่อสังคมออนไลน์เป็นหลัก เนื่องจากมีความสะดวกเข้าถึงเนื้อหาได้ง่าย จึงทำให้เกิดการแข่งขันในการผลิตเนื้อหาเพื่อดึงดูดผู้ดูและผู้ติดตาม ส่งผลให้อินฟลูเอนเซอร์บางรายผลิตเนื้อหาที่ขาดความรับผิดชอบต่อสังคม ขาดการกลั่นกรองและอาจส่งผลกระทบเชิงลบในสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินฟลูเอนเซอร์ในกลุ่มที่รีวิวผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ซึ่งเป็นกรณีศึกษาหลักของงานวิจัยนี้ มักนำเสนอข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน กล่าวอ้างสรรพคุณเกินจริง ใช้ภาพที่ผ่านการตกแต่งจนเกินความเป็นจริง และอาจไม่เปิดเผยว่าได้รับการสนับสนุนจากแบรนด์ อันเป็นการสร้างความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยเฉพาะเด็กและเยาวชน และสร้างความเข้าใจผิดเกี่ยวกับประสิทธิภาพที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์

จากสภาพปัญหาดังกล่าว กฎหมายในประเทศไทยที่บังคับใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 และ พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 ไม่สามารถกำกับดูแลอินฟลูเอนเซอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากความไม่ชัดเจนของคำนิยามทางกฎหมายที่ไม่ครอบคลุมถึง "การรีวิว" หรือ "อินฟลูเอนเซอร์" โดยตรง ขอบเขตการควบคุมของกฎหมายที่ไม่เท่าทันเทคนิคการนำเสนอเนื้อหาในยุคดิจิทัล เช่น การตกแต่งภาพ, และภาระการพิสูจน์เจตนาที่ไม่สุจริตซึ่งทำได้ยากในทางปฏิบัติ การขาดความชัดเจนในกฎหมายนี้ ส่งผลให้การคุ้มครองผู้บริโภคจากการกระทำของอินฟลูเอนเซอร์เป็นไปอย่างจำกัดและขาดประสิทธิภาพ ไม่สามารถรับมือกับความรวดเร็วและความซับซ้อนของการสื่อสารในยุคดิจิทัลได้

ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า การแก้ไขปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยการพัฒนากฎหมายและมาตรการที่มีความเฉพาะเจาะจง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้จากแนวทางการกำกับดูแลของต่างประเทศได้ แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ผู้วิจัยคาดว่าจะสามารถอุดช่องว่างทางกฎหมายและสร้างกลไกการกำกับดูแลที่มีประสิทธิภาพ คือ 1. การออกมาตรการเฉพาะเพื่อควบคุม "การรีวิว" โดยบังคับให้อินฟลูเอนเซอร์เปิดเผยข้อมูลสำคัญของผลิตภัณฑ์ เช่น ส่วนผสม, แหล่งผลิต, การสนับสนุน และ บังคับให้ติดป้ายกำกับภาพที่ผ่านการตกแต่ง 2. การจัดทำระบบทะเบียนสำหรับช่องทางเผยแพร่ของอินฟลูเอนเซอร์ เพื่อสร้างฐานข้อมูลให้รัฐสามารถกำกับดูแลได้อย่างเป็นระบบและ 3. การสร้างความร่วมมือกับแพลตฟอร์มออนไลน์ เพื่อควบคุมเนื้อหาที่ส่งผลกระทบต่อค่านิยมสังคม และหากมีการนำแนวทางเหล่านี้มาปรับใช้คาดว่าจะทำให้การกำกับดูแลอินฟลูเอนเซอร์มีประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรมมากขึ้น ลดความเสี่ยงและยกระดับการคุ้มครองผู้บริโภค สร้างความรับผิดชอบทางสังคมให้แก่อินฟลูเอนเซอร์และแพลตฟอร์ม และท้ายที่สุดจะนำไปสู่ความสมดุลที่เหมาะสมระหว่างเสรีภาพในการแสดงออกกับการคุ้มครองประโยชน์สาธารณะในสังคมดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

ผู้วิจัยใช้วิธีการศึกษาค้นคว้าเชิงคุณภาพ โดยใช้การศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร และใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหา ข้อจำกัด และอุปสรรคในการบังคับใช้กหมายที่เกี่ยวกับการควบคุมและกำกับดูแลอินฟลูเอนเซอร์ในประเทศไทย รวมถึงศึกษามารตการทางกฎหมายและแนวทางกำกับดูแลอินฟลูเอนเซอร์ในต่างประเทศเพื่อนำมาพัฒนาและปรับปรุงกฎหมายของไทย โดยจะแบ่งการศึกษาเป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ 1. ศึกษาแนวคิดทฤษฎี และกฎหมายที่เกี่ยวข้องของประเทศไทย 2. ศึกษากฎหมายและมาตรการในการควบคุมและกำกับดูแลอินฟลูเอนเซอร์ในต่างประเทศ 3. วิเคราะห์เปรียบเทียบกฎหมายของไทยและต่างประเทศ และ 4. เสนอแนะแนวทางในการพัฒนากฎหมายหรือมาตรการที่เหมาะสมในการกำกับดูแลอินฟลูเอนเซอร์ของประเทศไทย

ผลการศึกษา

ผลการศึกษามาตรการทางกฎหมายของประเทศไทยและมาตรการทางกฎหมายของต่างประเทศพบความไม่เหมาะสมของกฎหมายไทยที่เกี่ยวกับการควบคุมเนื้อหาสื่อออนไลน์ดังนี้

1. การควบคุม การแนะนำผลิตภัณฑ์สินค้า “การรีวิว” เชิงพาณิชย์ (การโฆษณาแฝง)

จากการวิจัยผลว่าประเด็นปัญหาที่พบคือ การไม่มีคำนิยามของคำว่า “การรีวิว” (Review) ในกฎหมายของไทยที่เป็นช่องว่างของกฎหมายที่ไม่สามารถนำมาบังคับใช้

เนื่องจากเมื่อมาวิเคราะห์ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 อันเป็นกฎหมายที่มีวัตถุประสงค์เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคในด้านต่าง ๆของผู้บริโภค คำนิยามตามมาตรา 3 ก็ยังขาดความหมายของ “การรีวิว” มีเพียงคำนิยามว่า “การโฆษณา” และ “ผู้ประกอบธุรกิจ” จึงทำให้ไม่สามารถตีความได้ว่าการรีวิวที่เหล่าอินฟลูเอนเซอร์อ้างว่าเป็นเพียงการแสดงความคิดเห็นส่วนตัวนั้นจะถือเป็นการกระทำเพื่อเป็นประโยชน์ในทางการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์สินค้าที่ได้รีวิวหรือไม่ และอินฟลูเอนเซอร์จะมีสถานะเป็น “ผู้ประกอบธุรกิจ” ตามคำนิยามตามกฎหมายหรือไม่ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณา พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 การที่จะเอาผิดกับอินฟลูเอนเซอร์ที่มีการรีวิวเกินจริง หรือการรีวิวที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาตกแต่งภาพถ่ายหรือวีดีโอที่ทำให้มีผลที่แตกต่างจากความเป็นจริงนั้น ตามมาตรา 14 (1) ก็ต้องมีการพิสูจน์ในเรื่องของเจตนาที่จะต้องเป็นการกระทำ “โดยทุจริตหรือโดยหลอกลวง” ที่สูงมาก ซึ่งแทบเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติเนื่องจากอินฟลูเอนเซอร์อ้างว่าเป็น “ประสบการณ์ส่วนตัว” หรือ “การแสดงความคิดเห็นส่วนตัว”

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าในต่างประเทศต่างให้ความสำคัญและตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดแนวทางในการควบคุมการรีวิวและอินฟลูเอนเซอร์ที่จะต้องเปิดเผยความสัมพันธ์ระหว่างอินฟลูเอนเซอร์กับเจ้าของผลิตภัณฑ์ว่าได้รับค่าจ้างหรือได้รับการสนับสนุนสินค้านั้น (ธนภรณ์ นวลชื่น, 2567) และมาตรการทางกฎหมายของประเทศเกาหลีใต้ อินเดีย นิวซีแลนด์ และแคนาดา ที่กำหนดให้อินฟลูเอนเซอร์นั้นติดแฮชแทกระบุให้ชัดเจนด้วยว่าเป็นการโฆษณาหรือไม่ (สภาองค์กรของผู้บริโภค, 2567)

ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่า มาตรการทางกฎหมายของไทยยังขาดกฎหมายที่จะนำมาใช้เป็นกลไกในการควบคุมอินฟลูเอนเซอร์ เพื่อให้เปิดเผยข้อมูลที่ชัดเจน เมื่อได้นำมาเปรียบเทียบกับมาตรการทางกฎหมายของต่างประเทศที่งานวิจัยอื่นได้ศึกษาไว้จึงเป็นการยืนยันได้อีกระดับหนึ่งว่ากฎหมายไทยที่ใช้บังคับอยู่ไม่มีความเหมาะสมและไม่ทันตามยุคสมัยของสังคมและบริบทของสื่อเทคโนโลยีในปัจจุบัน

2. การควบคุม การนำภาพบุคคลที่ผ่านการตกแต่งเพื่อประโยชน์ทางการค้า

ประเด็นการตกแต่งภาพบุคคลที่มีการปรับแต่ง ตัดต่อ ไม่ว่าจะเป็นภาพนิ่งหรือวีดีโอ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมารีวิวผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ที่มีการนำเทคโนโลยีปรับแต่งเพื่อนำเสนอภาพถ่ายหรือวีดีโอที่เกินจริง

เมื่อวิเคราะห์มาตรการทางกฎหมายของไทยพบว่า แม้พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 จะมีมาตรการในการควบคุมการโฆษณาที่เกินจริง ตามมาตรา 22 (พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค, 2522, ม.22) แต่ก็เป็นเพียงการห้ามให้มีการโฆษณาที่ใช้รูปแบบของการแสดง “ข้อความ” ที่เป็นเท็จหรือเกินความจริง ซึ่งไม่ได้ครอบคลุมไปถึงการ “ตกแต่งภาพ” ที่เกินความจริงหรือมีความแตกต่างจากต้นฉบับ ซึ่งไม่ใช่ข้อความ ในขณะเดียวกันเมื่อมาพิจารณาตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการป้องกันการกระทำผิดโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือ ตามมาตรา 16 (พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์, 2550, ม.16) ก็ไม่สามารถนำมาบังคับใช้ได้ เนื่องจากมาตรา 16 มีวัตถุประสงค์ใน

การคุ้มครอง “ผู้อื่น” ในเรื่องของ “การตัดต่อ ดัดแปลง ของภาพ” ที่ส่งผลกระทบต่อชื่อเสียงหรือได้รับความอับอาย โดยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์หรือวิธีการใด ๆ ซึ่งไม่ใช่การคุ้มครอง “ผู้บริโภค” จากการที่อินฟลูเอนเซอร์ "ตกแต่งภาพตนเอง" เพื่อการค้า กฎหมายไทยจึงขาดกลไกในการจัดการกับการโฆษณาเกินจริงผ่านภาพโดยสิ้นเชิง

ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณามาตรการทางกฎหมายของประเทศนอร์เวย์พบว่า ประเทศนอร์เวย์ประสบปัญหาในเรื่องของสุขภาพจิตของเด็กและเยาวชนเกี่ยวกับสุขภาพจิตและการเบื่ออาหาร ที่เป็นสาเหตุในการเสียชีวิตเป็นอันดับที่ 3 ในเด็กสาวปัจจุบัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเสพสื่อโฆษณาชวนเชื่อของเหล่าอินฟลูเอนเซอร์ คนดัง ในสื่อโซเชียลต่าง ๆ ที่เหล่าเซเลป คนดัง หรืออินฟลูเอนเซอร์ มีการนำเสนอภาพร่างกายที่สวยเกินความเป็นจริง ซึ่งรูปภาพเหล่านั้นได้รับการตกแต่งจาก AI หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้เด็กและเยาวชนมีอุดมคติของ “ความงามที่เป็นไปไม่ได้” ทำให้สภาวะทางจิต และความนับถือตนเองของเยาวชนตกต่ำลง สื่อจึงถูกมองว่าเป็นหนึ่งในเหตุที่เป็นการเพิ่มแรงกดดันในร่างกาย หรือที่รู้จักกันในชื่อ “kroppspress” (Chansakoolnee, 2564) ประเทศนอร์เวย์จึงเลือกใช้หลักการ “ความโปร่งใส” (Principle of Transparency) เป็นแนวทางกำกับดูแล โดยการแก้ไข พระราชบัญญัติควบคุมการตลาด (Marketing Control Act) ในมาตรา 2 วรรคสอง ที่กำหนดให้ผู้ที่โฆษณาและออกแบบการโฆษณาต้องรับรองว่าโฆษณาที่มีรูปร่าง ขนาด หรือผิวหนังของร่างกายที่มีการแปลงแปรงไปนั้น ผ่านการตกแต่งหรือมีการปรับเปลี่ยนอื่นใดหรือไม่ หากมีการปรับเปลี่ยนหรือมีการตกแต่งรูปร่าง ขนาด หรือผิวหนังของร่างกายแล้ว ผู้โฆษณาและผู้ออกแบบโฆษณาต้องทำเครื่องหมายแสดงไว้



ตัวอย่างป้ายฉลากกำกับสำหรับโฆษณาที่มีการรีทัชและดัดแปลง

RETUSJERT PERSON REKLAME: *translated into English: “RETOUCHED PERSON ADVERTISEMENT”* ซึ่งแปลเป็นภาษาไทย คือ *“โฆษณาบุคคลที่ถูกปรับแต่ง”*

จากการเปรียบทียบมาตรการทางกฎหมายของไทยกับประเทศนอร์เวย์ จะเห็นได้ว่าประเทศไทยไม่มีกฎหมายหรือมาตรการที่เหมาะสมที่จะนำมาควบคุมอินฟลูเอนเซอร์ ที่ใช้รูปภาพที่ผ่านการตกแต่งหรือมีการปรับเปลี่ยนหรือมีการตกแต่งรูปร่าง ขนาด หรือผิวหนังของร่างกายแล้วนำรูปนั้นมาทำการ รีวิว ซึ่งสามารถยืนยันปัญหาได้ว่าปัญหาไทยยังคงขาดมาตรการทางกฎหมายอย่างชัดเจน ขณะเดียวกันประเทนอร์เวย์ใช้หลักเรื่อง “ความโปร่งใส” ในการควบคุม โดยที่ยังคำนึงถึงสิทธิและเสรีภาพของประชาชน ที่ไม่ได้ห้ามในเรื่องของการตกแต่งรูปภาพ แต่หากมีการตกแต่งขึ้นแล้วต้องมีการแสดงสัญลักษณ์หรือเครื่องหมายไว้บนรูปภาพหรือวีดีโอนั้น

3. การควบคุมเนื้อหาของอินฟลูเอนเซอร์ที่กระทบต่อ “ค่านิยมทางสังคม”

ประเด็นนี้เป็นการศึกษาถึงมาตรการในการควบคุมเนื้อหาที่แม้จะไม่ได้กระทำผิดกฎหมายโดยตรง แต่เนื้อหาที่เผยแพร่ออกไปสู่สาธารณะนั้นอาจส่งผลกระทบต่อ “ค่านิยม” ในเชิงลบได้ เช่น เนื้อหาที่ผลิตเกี่ยวกับการแกล้งคน การบลูลี่ผู้อื่น หรือการอวดความร่ำรวย

จากการศึกษาวิเคราะห์มาตรการทางกฎหมายของไทยพบว่า ประเทศไทยไม่มีกฎหมายที่ใช้บังคับหรือควบคุมเนื้อหาทางออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเนื้อหาที่ส่งผลกระทบต่อค่านิยมของสังคมที่อาจจะทำให้ผู้ที่รับชมเกิดพฤติกรรมการเลียนแบบ หรือเข้าใจว่าสามารถทำแบบนั้นได้โดยที่ไม่มีความผิด แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยได้จัดทำ ร่างพระราชบัญญัติ ส่งเสริมจริยธรรมและมาตรฐานวิชาชีพสื่อมวลชน พ.ศ. ..... ที่มีเป้าหมายในการจัดระเบียบสื่อให้กระทำหน้าที่โดยให้อยู่ในกรอบของจริยธรรมและมาตรฐานวิชาชีพของสื่อมวลชน โดยได้ให้คำนิยามคำว่า “สื่อมวลชน” หมายถึง สื่อหรือช่องทางที่นำข่าวสาร สาร หรือเนื้อหาสาระทุกประเภทไปสู่ประชาชนเพื่อประโยชน์สาธารณะ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปสื่อสิ่งพิมพ์ วิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ สื่อดิจิทัล หรือในรูปแบบอื่นใดที่สามารถสื่อความหมายให้ประชาชนทราบได้เป็นการทั่วไป ทั้งนี้ ไม่รวมถึงการจัดทำสื่อหรือช่องทางดังกล่าวที่ดำเนินการเพื่อใช้เสรีภาพในการแสดงความคิดเห็นของตนโดยมิได้มุ่งแสวงหากำไร ซึ่งเมื่อพิจารณากับ อินฟลูเอนเซอร์ที่ในความเป็นจริงอินฟลูเอนเซอร์ล้วนแล้วแต่จะมุ่งการแสวงหาผลประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นแม้ว่าอินฟลูเอนเซอร์จะมีความคล้ายคลึงตามลักษณะของคำนิยามของ “สื่อมวลชน” ก็ตามก็ยังไม่ถือว่าเข้าข่ายการเป็น “สื่อมวลชน” ได้ตามกฎหมายนี้ อีกทั้งแม้ว่ากลไกการกำกับดูแลในรูปแบบของการกำกับดูแลกันเอง (Self-regulation) โดยผ่านองค์กรที่ชื่อว่า “สภาวิชาชีพสื่อมวลชน” ก็ตามก็ไม่สามารถที่จะใช้บังคับกับอินฟลูเอนเซอร์อิสระได้ ทำให้เกิด "สุญญากาศทางกฎหมาย" (Legal Vacuum) ในการควบคุมเนื้อหาเชิงค่านิยม

เมื่อนำมาวิเคราะห์กับสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าประเทศจีนประสบปัญหาในเรื่องพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมของวัยรุ่นจีนที่ก่อความวุ่นวายบนโลกออนไลน์ และมีการผลิตเนื้อหาที่อาจส่งผลกระทบต่อค่านิยมในสังคมขึ้น เช่น การอวดความร่ำรวย หรือการบริโภคเกินตัว ที่อาจเป็นพฤติกรรมแบบอย่างให้แก่ผู้ที่ได้รับชม ประเทศจีนจึงได้ใช้หลักการความเสถียรภาพทางสังคม ในการป้องกันค่านิยมที่บิดเบี้ยวที่อาจจะเกิดขึ้น โดยการออกมาตรการ “清朗行动” ฉิงหล่างสิงต้ง หรือ มาตรการฟ้าใส ที่เป็นมาตรการพิเศษที่ออกมาเพื่อควบคุมแพลตฟอร์มสื่อออนไลน์ต่าง ๆ ของจีน ซึ่งมาตรการดังกล่าวประกาศใช้เมื่อปี 2021 โดยมีวัตถุประสงค์ในกาจัดระเบียบในการใช้สื่อออนไลน์ โดยการมาตรการดังกลาวไม่ได้แค่มุ่งเน้นการจัดการกลุ่มอินฟลูเอนเซอร์โดยตรง ซึ่งในประเทศจีนกลุ่มผู้มีอิทธิพลในโลกออนไลน์นั้น คือกลุ่มศิลปินดารา ที่สามารถทำให้ผู้ที่ติดตามหรือกลุ่มแฟนคลับที่ชื่นชอบได้ทำกิจกรรมหรือพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมบนโลกออนไลน์ จึงทำให้ในช่วงแรกของการประกาศใช้มาตรการฉิงหล่างเน้นการจัดการกลุ่มบัญชีที่ก่อให้เกิดความวุ่นวายขึ้น (ผู้จัดการออนไลน์, 2564) เช่น กลุ่มบัญชีที่มีอิทธิพลในการชักชวนระดมทุน การแพร่ข่าวลือ การละเมิดความเป็นส่วนตัว จะถูกปิดและถูกยุบ ส่วนบัญชีที่ฝ่าฝืนข้อบังคับหรือผิดกฎหมายเช่น กลุ่มแอนตี้แฟน กลุ่มเน้นทำการตลาดที่มีเจตนามุ่งร้าย กลุ่มนักเขียนออนไลน์ และยังมีมาตรการในการลงโทษ เพื่อจัดการกับเว็บไซต์ หรือแพลตฟอร์มออนไลน์ที่ปล่อยให้เกิดความวุ่นวายขึ้น โดยไม่มีมาตรการที่จะจัดการอย่างเหมาะสม และมีทำให้เกิดเหตุความวุ่นวายนี้อยู่บ่อยครั้ง จนทำให้แพลตฟอร์มต่าง ๆ ของจีน รวมถึงค่ายต้นสังกัดของดาราต้องออกมาตรการเพื่อสอดรับกับมาตรการของรัฐ (ผู้จัดการออนไลน์, 2564) อันเป็นการสร้างความรับผิดชอบร่วมกันระหว่างแพลตฟอร์มออนไลน์และเหล่าอินฟลูเอนซอร์

เมื่อนำมาตรการทางกฎหมายของไทยมาวิเคราะห์กับมาตรการทางกฎหมายของจีน แม้ว่าในบริบทของระบบการปกครอง จะมีความแตกต่างจากของประเทศไทยที่ต้องคำนึงถึงหลักสิทธิเสรีภาพ ที่ไม่สามารถจะใช้การควบคุมโดยรัฐทั้งหมด แต่ประเทศไทยก็อาจนำหลักของการร่วมสร้างความรับผิดชอบของแพลตฟอร์มออนไลน์ ที่เป็นแนวทางที่สามารถทำได้ในบริบทของประเทศไทย ที่จะนำมาประยุกก์ใช้เพื่ออุดช่องว่างของกฎหมายไทย ในการจัดการเนื้อหาที่กระทบต่อค่านิยมได้

บทสรุป

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า กฎหมายในประเทศไทยยังไม่สามารถนำมาบังคับใช้กันอินฟลูเอนเซอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแนะนำสินค้า หรือการรีวิว (review) ได้อย่างเหมาะสมเนื่องจากกฎหมายที่มีอยู่คือ พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522, พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550, และ ร่างพระราชบัญญัติส่งเสริมจริยธรรมและมาตรฐานวิชาชีพสื่อมวลชน พ.ศ. .... ยังมีข้อจำกัดในการบังคับใช้กับกรณีอินฟลูเอนเซอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 อันเป็นกฎหมายในการคุ้มครองผู้บริโภคที่จะนำมาเป็นเครื่องมือหลัก ยังขาดความชัดเจนเรื่องของ “การรีวิว” หรือการแนะนำผลิตภัณฑ์สินค้า ของอินฟลูเอนเซอร์ที่จะถือว่าเป็นการ “โฆษณา” ตามคำนิยามของกฎหมายหรือไม่ อีกทั้งมาตรา 22 ยังมุ่งเน้นการคุ้มครองการโฆษณาที่ใช้ “ข้อความ” อันเป็นเท็จ แต่ไม่ครอบคลุมถึงการใช้ภาพหรือวีดีโอที่ผ่านการตกแต่งเกินจริงเพื่อการค้า และ “การรีวิว” โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทสินค้าเสริมความนั้น เป็นการแสดงความคิดเห็นส่วนตัวที่จะไม่ต้องอยู่ภายใต้กฎหมาย ซึ่งสินค้าเสริมความงามบางอย่างก็เป็นสินค้าที่ไม่ทราบแหล่งที่มา

ผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นซึ่งหากผู้รีวิว อาจจะเป็นช่องว่างในทางกฎหมายที่ผู้ประกอบการจะนำมาใช้เพื่อการโฆษณาโดยอ้อม โดยที่ไม่ต้องตกอยู่ภายใต้กฎหมายในเรื่องของการโฆษณา ขณะที่พระราชบัญญัติ ว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 มาตรา 14 ก็มีภาระในการพิสูจน์เรื่องของ “เจตนา” โดยทุจริตหรือโดยหลอกลวง อันเป็นเรื่องยากที่จะนำมาใช้กับ “การรีวิว” ที่อินฟลูเอนเซอร์มักใช้เรื่องการแสดงความเห็นส่วนตัวมาเป็นข้อป้องกันตัวเอง และ มาตรา 16 มีวัตถุประสงค์ในการป้องกันการตัดต่อ ดัดแปลงรูปภาพเพื่อป้องกันการหมิ่นประมาทบุคคลอื่น ซึ่งไม่ใช่การคุ้มครองผู้บริโภคจากอินฟลูเอนเซอร์ตกแต่งภาพของตนเอง และร่างพระราชบัญญัติส่งเสริมจริยธรรมและมาตรฐานวิชาชีพสื่อมวลชน พ.ศ. .... ก็ยังไม่ชัดเจนว่า อินฟลูเอนเซอร์ เป็น สื่อมวลชน หรือไม่ ซึ่งสื่อมวลชนตามร่าง พระราชบัญญัติฯ นี้ สื่อมวลชนต้องมีวัตถุประสงค์เพื่อประโยชน์สาธารณะ และ ไม่ได้มุ่งแสวงหากำไร จึงยังไม่ครอบคลุมอินฟลูเอนเซอร์ที่กระทำในเชิงพาณิชย์

ในทางตรงกันข้าม กรณีศึกษากฎหมายของสาธารณะรัฐประชาชนจีน และประเทศนอร์เวย์ ได้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุดและเป็นรูปธรรม โดยการสร้างเครื่องมือที่มีความเฉพาะเจาะจง นั่นคือการที่มีมาตรการทางกฎหมายที่เฉพาะ โดยที่สาธารณรัฐประชาชนจีน ได้สร้างมาตรการทางกฎหมายเพื่อนำมาป้องกันความเสียหายของสังคมในอนาคตเพื่อไม่ให้สังคม เกิดการสร้างค่านิยมที่ผิด ๆ เช่น การอวดความร่ำรวยและการบริโภคเกินตัว โดยการที่รัฐเข้ามาแทรกแทรง โดยการออกมาตรการ “ฉิงหล่างสิงต้ง” หรือมาตรการ ฟ้าใส ขณะที่ประเทศนอร์เวย์ประสบปัญหาด้านสุขภาพจิตและแรงกดดันทางด้านรูปลักษณ์ของเด็กและเยาวชน จึงมีการแก้ไขกฎหมายเดิมเพื่อสร้างกลไกและมาตรฐานที่เน้นความโปร่งใส ด้วยการออกมาตรการให้ติดป้ายกำกับรูปภาพที่ผ่านการตกแต่งรูปร่างขนาด หรือผิวหนังของบุคคล เมื่อนำมาเปรียบเทียบดูแล้วประเทศไทยยังไม่มีมาตรการทางกฎหมายที่เฉพาะเจาะจงจึงจำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไข เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายและคุ้มครองให้แก่ผู้บริโภคและสังคมโดยรวม

ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบมาตรการทางกฎหมายของประเทศไทยและมาตรการทางกฎหมายของต่างประเทศ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปพัฒนากฎหมายพื่อใช้ในการกำกับดูแลอินฟลูเอนเซอร์โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เสนอให้มีมาตรการทางกฎหมายเฉพาะในการควบคุมเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นการแนะนำสินค้า (การรีวิว) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เสริมความงาม โดยการแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 โดยมีการเพิ่มความหมายในคำนิยามในมาตรา 3 เรื่องของการโฆษณา โดยเพิ่มการ “รีวิวเชิงพาณิชย์” ให้อยู่ในความหมายของคำว่าโฆษณารวมอยู่ด้วย เพื่อทำให้การรีวิวสินค้าเสริมความงามที่มุ่งในทางการค้าหรือเข้าข่ายของการสนับสนุนการค้า ซึ่งจะกำหนดให้อินฟลูเอนเซอร์ผู้ผลิตเนื้อหาต้องเปิดเผยข้อมูลสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่กำลังแนะนำ ได้แก่ ส่วนผสมที่อาจก่อให้เกิดการแพ้หรือเป็นอันตราย, แหล่งผลิตหรือแหล่งที่มาของสินค้า และอินฟลูเอนเซอร์ต้องระบุอย่างชัดเจนหากได้รับการสนับสนุนจากเจ้าของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ เพื่อเป็นการเพิ่มความคุ้มครองให้แก่ผู้บริโภคและสร้างมาตรการเพื่อความโปร่งใสของการผลิตเนื้อหาที่อาจเกินความจริง อินฟลูเอนเซอร์จะต้องแสดงป้ายหรือข้อความ หากได้มีการตกแต่งรูปภาพโดยบังคับให้การรีวิวหรือโฆษณาใดๆ ที่มีการใช้ภาพบุคคลซึ่งผ่านการปรับแต่งแก้ไข “รูปร่าง ขนาด หรือผิวหนัง” จะต้องมี ป้ายกำกับหรือข้อความมาตรฐาน กำกับไว้อย่างชัดเจนในตำแหน่งที่ผู้บริโภคเห็นได้ง่าย ซึ่งอาจจะนำแนวทางในการกำหนดมาตรฐานหรือหลักเกณฑ์การแสดงป้ายกำกับจากประเทศนอร์เวย์ มาประยุกต์ใช้

2. ให้มีการจัดทำระบบทะเบียนช่องหรือแพลตฟอร์มที่อินฟลูเอนเซอร์ใช้ในการเผยแพร่เนื้อหาโดยจัดทำเป็นระบบทะเบียนกลาง ซึ่งมีหน่วยงานของรัฐเป็นผู้กำกับดูแล เช่น สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่โดยตรงในการคุ้มครองผู้บริโภค ซึ่งอินฟลูเอนเซอร์ที่มีผู้ติดตามะหว่าง 10,000 ถึง 100,000 คน ซึ่งอยู่ระดับ micro-Influencers ต้องลงระบบทะเบียนกลาง เพื่อเป็นฐานข้อมูลให้หน่วยงานของรัฐใช้ในการกำกับดูแลตรวจสอบ และสามารถใช้มาตรการทางกฎหมายตามที่ผู้วิจัยได้เสนอใน ข้อที่ 1 ซึ่งจะทำให้การบังคับใช้เกิดประสิทธิภาพและเป็นระบบ

3. ทำความร่วมมือกับแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อสร้างมาตรการในการควบคุมเนื้อหาที่ส่งผลกระทบต่อค่านิยมในสังคม โดยการประยุกต์นำเอาหลักการของมาตรการทางกฎหมาย “ฉิงหล่างสิงต้ง” ของสาธารณรัฐประชาชนจีนมาจัดระเบียบเนื้อหาที่อาจจะไม่เข้าข่ายในการกระทำความผิดกฎหมายโดยตรง แต่เป็นการผลิตเนื้อหาที่ส่งผลกระทบต่อสังคมโดยรวมโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นการสร้างค่านิยมแบบ ผิด ๆ ให้แก่สังคม เช่น เนื้อหาที่มีการนำเสนอเกี่ยวกับการกลั่นแกล้งผู้อื่น หรือการกระทำที่มีลักษณะของ Human zoo โดยหน่วยงานของรัฐดำเนินการออกมาตรการหรือแนวปฏิบัติร่วม กับผู้ให้บริการแพลตฟอร์ม เช่น TikTok YouTube Instagram เพื่อให้แพลตฟอร์มมีส่วนร่วมในการลดการมองเห็น จำกัดการสร้างรายได้ หรือทำการลบเนื้อหา ที่เข้าข่ายการสร้างค่านิยมในเชิงลบเพื่อป้องกันการเลียนแบบและผลกระทบในสังคมในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากคณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน พี่ๆ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณมารดาผู้สนับสนุนทุนการศึกษาของข้าพเจ้า ขอบคุณครอบครัวที่สนับสนุนทั้งทางตรงและทางอ้อม ขอบพระคุณคณะผู้บริหารคณะนิติศาสตร์ เจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

การเงินการธนาคาร. (4 มีนาคม 2567). **สภาพัฒน์ห่วง Influencer คอนเทนต์อวดรวย ทำคนเป็นหนี้เพื่อโชว์ชีวิตหรู**. สืบค้นวันที่ 28 มีนาคม 2567, จาก https://moneyandbanking.co.th/2024/94823/

ธนภรณ์ นวลชื่น. (2567). **ปัญหาความรับผิดของอินฟลูเอนเซอร์ (Influencer) ในการโฆษณารีวิวสินค้า.** (การค้นคว้าอิสระ, คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ).

นภนันทน์ จันทราชโลธร. (2566). **การคุ้มครองสิทธิและเสรีภาพตามรัฐธรรมนูญโดยศาลรัฐธรรมนูญ**. (ดุษฎีนิพนธ์บัณฑิต, คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค. (พ.ศ. 2522).

พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์. (พ.ศ. 2550).

ผู้จัดการออนไลน์. (29 สิงหาคม 2564). **รู้จัก "มาตรการชิงหล่าง" ที่กำลังส่งผลสะเทือนหน้าวงการบันเทิงจีนบนโลกออนไลน์เมื่อเร็ว ๆ นี้**. สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม 2568, จาก https://mgronline.com/china/detail/9640000085300

ร่าง พ.ร.บ. การคุ้มครอง สิทธิเสรีภาพ ส่งเสริมจริยธรรม และมาตรฐานวิชาชีพสื่อมลชน พ.ศ. ....

ศูนย์ต่อต้านข่าวปลอมประเทศไทย. (24 ธันวาคม 2566). **ข่าวบิดเบือน ดื่มน้ำต้มข่า ตะไคร้ ใบเตย ขับปัสสาวะช่วยล้างไต**. สืบค้นวันที่ 11 กันยายน 2567, จาก https://www.antifakenewscenter.com/ผลิตภัณฑ์สุขภาพ/ข่าวบิดเบือน-ดื่มน้ำต้มข่า-ตะไคร้-ใบเตย-ขับปัสสาวะช่วยล้างไต/

สภาองค์กรของผู้บริโภค. (16 ตุลาคม 2567). **อ.นิติฯ มธ. แนะ 5 แนวทาง ออกกฎหมายควบคุมอินฟลูเอนเซอร์.** สืบค้นวันที่ 22 ธันวาคม 2567, จาก https://www.tcc.or.th/influencer-law/

สุธีราภรณ์ และคณะ. (2566). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยมาตรการทางกฎหมายในการควบคุมการโฆษณาของผู้ทรงอิทธิพลบนสื่อสังคมออนไลน์.** (สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต).

Act on amendments to the Marketing Control Act etc. (marking of retouched advertising). (2009).

Chansakoolnee, P. (30 กรกฎาคม 2564). **นอร์เวย์ผ่านกฎหมาย...เหล่าอินฟลูเอนเซอร์ต้องระบุเสมอว่า รูปบนโซเชียลผ่านการรีทัชหรือไม่!**. VOGUE THAILAND. สืบค้นวันที่ 5 ธันวาคม 2567, จาก https://vogue.co.th/fashion/article/norway-passed-law-requiring-celebrities-to-lable-retouched-photo

Kemp, S. (2023). **Digital 2023: Thailand. DataReportal**. สืบค้นวันที่ 11 กันยายน 2567, จาก https://datareportal.com/reports/digital-2023-thailand

中国网信网 [Cyberspace Administration of China]. (26 สิงหาคม 2564). **关于 进 一步加 强 " 饭 圈"乱象治理的通知**. สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม 2568, จาก https://www.cac.gov.cn/2021-08/26/c_1631563902354584.htm

กองบรรณาธิการรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings)

โครงการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 15

1.	ศาสตราจารย์ ดร.วิภู กุตะนันท์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2.	ศาสตราจารย์ ดร.เสมอ ถาน้อย	มหาวิทยาลัยพะเยา
3.	ศาสตราจารย์ ดร.สุทิสา ถาน้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
4.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร ชูแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5.	รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรมงคล สุวรรณภูมิ	มหาวิทยาลัยพะเยา
6.	รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์ ปัญจบุรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
7.	รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อพงศ์ กรีธาชาติ	มหาวิทยาลัยพะเยา
8.	รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรชัย อำนวยล้อเจริญ	มหาวิทยาลัยพะเยา
9.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย หอวิมานพร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
10.	รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
11.	รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา อังคพณิชกิจ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
12.	รองศาสตราจารย์ ดร.พิษนุ อภิสมาจารโยธิน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
13.	รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
14.	รองศาสตราจารย์ ดร.วรเทพ แซ่ล่อง	มหาวิทยาลัยพะเยา
15.	รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรภรณ์ ช่อลำเจียก	มหาวิทยาลัยพะเยา
16.	รองศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ คำปวน	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
17.	รองศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ เซี่ยงฉิน	มหาวิทยาลัยพะเยา
18.	รองศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย กังวล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
19.	รองศาสตราจารย์ ดร.สาคร เมฆรักษาวนิช	มหาวิทยาลัยพะเยา
20.	รองศาสตราจารย์ ดร.อัมเรศ เนตาสิทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
21.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
22.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ ต๊ะปัญญา	มหาวิทยาลัยพะเยา
23.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มยูร ใยบัวเทศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
24.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤทธิ์ สินค้างาม	มหาวิทยาลัยพะเยา
25.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย วงชารี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
26.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
27.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุกูล มะโนทน	มหาวิทยาลัยพะเยา
28.	ดร.คืนจันทร์ ณ นคร	มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
29.	ดร.อัจฉราพร ยกขุน	มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
30.	ดร.กุลธิดา คำมี	มหาวิทยาลัยพะเยา

เลขานุการ

นายจักรพงศ์ มาลีพัตร

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางมนีกานต์ วังแสง

นางสาวรัชฎาภรณ์ แก้วสีบ

SDG GLOBAL CONNECT
LEARNING FROM BEST PRACTICES

DRA

DIVISION OF RESEARCH ADMINISTRATION
UNIVERSITY OF PHAYAO

กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยพะเยา

@University of Phayao

พะเยาวิจัย
กองบริหารงานวิจัย

08 2629 1970

www.prc.up.ac.th
www.dra.up.ac.th

E-Mail: prconference@up.ac.th