Kalasin University
Journal of Science Technology and Innovation

KALASIN UNIVERSITY

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Kalasin University Journal of Science Technology and Innovation

ISSN : 2821-9406 (Online)

ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2568)
Vol.4 No.2 (Jul - Dec 2025)

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
Kalasin University Journal of Science Technology and Innovation

ข้อมูลเกี่ยวกับวารสาร

ประเภทของบทความ:

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ เป็นวารสารที่เผยแพร่ผลงานทางวิชาการซึ่งตีพิมพ์รูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ โดยรับตีพิมพ์บทความคุณภาพสูงทั้งบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ บทความวิจัย และบทความวิชาการ

กำหนดการเผยแพร่:

ปีละ 2 ฉบับ
ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน)
ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม)
ISSN: 2821-9406 (Online)

ขอบเขตของวารสาร:

ขอบเขตเนื้อหาของผลงานวิชาการที่จะได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เป็นบทความวิจัยและบทความทางวิชาการ 4 สาขา ได้แก่

1. วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science) ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Biological Science) ได้แก่ ชีววิทยา สัตววิทยา พฤกษศาสตร์ พันธุศาสตร์ เกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. วิทยาศาสตร์สุขภาพ (Health Science) ได้แก่ สาธารณสุขศาสตร์ อนามัยสิ่งแวดล้อม สุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การกีฬา อาชีวอนามัยและความปลอดภัย โภชนาการ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
4. วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ (Engineering and Architecture) ได้แก่ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมชลประทาน วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ การผังเมือง สถาปัตยกรรมศาสตร์ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการตีพิมพ์บทความ:

บทความที่จะได้รับการพิจารณาตีพิมพ์จะต้องผ่านกระบวนการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) ดังนี้

1. เมื่อกองบรรณาธิการได้รับบทความเข้าสู่ระบบแล้ว ทำการตอบรับบทความเข้าสู่ระบบวารสารออนไลน์ผ่านทางกระดานสนทนาของระบบ ThaiJO หรือช่องทางอื่น

2. กองบรรณาธิการจะตรวจสอบบทความเบื้องต้น ว่าอยู่ในขอบเขตเนื้อหาวารสาร และตรวจความซ้ำซ้อนของบทความ ตรวจรูปแบบของบทความให้เป็นไปตามที่วารสารกำหนด

3. ในกรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับบทความไว้พิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะดำเนินการส่งบทความเพื่อกลั่นกรองต่อไป โดยจะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อย 3 คน ซึ่งมาจากต่างสถาบัน ประเมินคุณภาพของบทความว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมจะลงตีพิมพ์หรือไม่ ซึ่งกระบวนการกลั่นกรองนี้ทั้งผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนจะไม่ทราบข้อมูลซึ่งกันและกัน (Double-blind peer review)

4. เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะตัดสินใจโดยอิงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ บทความนั้น ๆ ดังนี้

1) รับตีพิมพ์โดยไม่มีการแก้ไข

2) รับตีพิมพ์โดยมีการแก้ไข และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินอีกครั้ง

3) รับตีพิมพ์โดยมีการแก้ไข และส่งให้บรรณาธิการพิจารณา

4) ปฏิเสธการตีพิมพ์

วารสารจะแจ้งผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้เขียนรับทราบโดยเร็ว เมื่อผู้นิพนธ์ได้รับผลการพิจารณา ให้ถือว่าผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวถือเป็นที่สิ้นสุด

5. กรณีบทความเข้าสู่กระบวนการพิจารณาคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ไม่สามารถถอนบทความได้หรือส่งบทความไปตีพิมพ์ที่วารสารอื่นได้

ที่ปรึกษา:

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ สุดสนธิ์	อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา บุไธสง	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

บรรณาธิการ:

รองศาสตราจารย์ ดร.เกยูร ดวงอุปมา	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ:

รองศาสตราจารย์ ดร.คคนางค์ รัตนานิคม	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชพงษ์ วังคำหาญ	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กองบรรณาธิการ:

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิบาก	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญณรงค์ ชมนาวัง	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยเอก ดร.คงเดช พะสีนาม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พจนา สีขาว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชชาภรณ์ วันโย	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ เจียมสาธิต	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา ฑีฆะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัมปนาจ เภสัชชา	มหาวิทยาลัยนครพนม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักษณา ดูบาส	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพจน์พัทธ์ เมืองโคตร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.รณกร สร้อยนาค	มหาวิทยาลัยพะเยา
อาจารย์ ดร.เกศวรา สิทธิโชค	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กำแพงแสน)
อาจารย์ ดร.แก้วตา สูตรสุวรรณ	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ทรงคุณวุฒิประจำวารสาร

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลพรรณ รุ่งพรหม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
รองศาสตราจารย์ ดร.จีราพัสฐ์ สีแจ่ม	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์ลำปาง

รองศาสตราจารย์ ดร.พัฒทรา ธีรพิบูลย์เดช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.คคนางค์ รัตนานิคม	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา สิงห์ทองชัย	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ ปัญญาทิพย์	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะพงษ์ ชุมศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิริยะ แดงทน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพจน์พัทธ์ เมืองโคตร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรนันท์ รัตสีวอ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตตะวัน กุโบลา	มหาวิทยาลัยราชศรีสะเกษ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ แป้นพงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงนภา พรมเกตุ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ โมนะตระกูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์หัสยา สิงห์ศรี	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัจฉรา สุมังเกษตร	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์คมสันต์ วงศ์กาฬสินธุ	มหาวิทยาลัยนครพนม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภธิดา สว่างแจ้ง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รณชัย ภูวันนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุษฎี ศรีธาตุ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อาจารย์ ดร.บัญชา ล้ำเลิศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อาจารย์ พว.สนธยา ไสยสาลี	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจจารย์ ดร.หนึ่งฤทัย เสนาราษฎร์	มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตอำนาจเจริญ
อาจารย์ ดร.นฤปวรรต์ พรหมมาวัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อาจารย์ ดร.สุไพลิน พิชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
อาจารย์ ดร.ธีระพันธ์ จำเริญพัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
อาจารย์ ดร.สุดาวดี ยะสะกะ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
อาจารย์ ดร.กาญจนา จรัญศิริไพศาล	โรงเรียนชุมแพศึกษา
อาจารย์ ดร.ทอรุ้ง ประนิล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อาจารย์จุมพล ทองจำรูญ	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ชวาน พรรณดวงเนตร	มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี
นางวันวิสาข์ พรหมเมตตา	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดร้อยเอ็ด
ดร.อติชาติ โรจนกร	บริษัท นูออโว พลัส จำกัด

พิสูจน์อักษรภาษาอังกฤษ:

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศาตรา สหัสทัศน์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Mr.Jonathan Wary มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ออกแบบปกวารสาร:

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ เนียมสา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ประสานงาน:

นางสาวนภัทรธิดา พรมดีราช มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

สถานที่ติดต่อ:

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

62/1 ถ.เกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมืองกาฬสินธุ์ จ.กาฬสินธุ์ 46000 โทรศัพท์ 0 4381 1128 ต่อ 6120

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ได้รวบรวมบทความเพื่อตีพิมพ์สำหรับปีที่ 4 ฉบับที่ 2 จำนวน 15 บทความ ดังนี้ 1) การพัฒนาระบบน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเพื่อรองรับกับน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E85 และเปรียบเทียบกับอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95, 91 และ E20 ผู้นิพนธ์ วีระศักดิ์ โชติกานต์กุล ประมวล รอนยุทธ ศรลักษณ์ พวงใบดี ศรศักดิ์ ฤทธิ์มนตรี ปริชาศาสตร์ มีเกาะ สมภาร ดอนจันดา กัลยา กิตติเลิศไพศาล ไวรุจน์ อิ่มโพ สาคร อินทะชัย รชต บุญยะยุต ฟุ้งศรี ภักดีสุวรรณ และ กิตติภัค โยวราลัย 2) ผลการใช้เทียนหอมนวดตัวส้มซ่าต่อการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกและผลของการลดการปวดและการตึงตัวความแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน ผู้นิพนธ์ แสงสิทธิ์ กฤษฎี นงนุช บุญแจ้ง สลิลทิพย์ กุลศิลารักษ์ และ นรินทร์ กากะทุม 3) การศึกษาผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึก ผู้นิพนธ์ รุจิรา มะธิปิไข สุภลักษณ์ โคตรชัย และ กันย์ชิสา นาคเสน 4) การพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร ด้วยการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสำหรับนักศึกษา ปวส. ผู้นิพนธ์ ปกรณ์ พัฒนานุโรจน์ และ ภาณุพงศ์ จันฤไชย 6) ปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ : กรณีศึกษาตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ผู้นิพนธ์ ชัชวาล นามพลแสน พิมพ์ญดา สุนา ณรงฤทธิ์ หนูคล้าย และ ศศิประภา ดวงอุปมา 7) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบกระดูกไก่ดำ ผู้นิพนธ์ วริษา ผลาหาร นฤวัตร ภักดี ภานิชา พงศ์นราทร จตุพร ประทุมเทศ และ รณชัย ภูวันนา 8) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสและการประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่ของเกษตรกรปลูกข้าวในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ผู้นิพนธ์ อัจฉรา นาเลาห์ ฤทธิรงค์ จังโกฏิ ปกกมล เหล่ารักษาวงษ์ พงศธร ทวีธนวาณิชย์ และ ทองปักษ์ ดอนประจำ 9) การเปรียบเทียบวัสดุเพาะในการผลิตหัวเชื้อและก้อนเชื้อขยายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญของเห็ดเยื่อไผ่ (Dictyophora indusiata) ผู้นิพนธ์ เนตรดารา จันทร์อุตส่าห์ ทิพยาภรณ์ กล้าวิกรณ์ เอกรินทร์ โพธิ์ทอง และ ปุญญิศา ชารีรักษ์ 10) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกภาพถ่ายเนื้องอกในสมองด้วยแบบจำลอง การเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่มร่วมกับการสกัดคุณลักษณะเวฟเลตส์ทรานสฟอร์ม ผู้นิพนธ์ ชัชวาลย์ ศรีมนตรี เสาวลักษณ์ ไทยกลาง และ ชัยวิชิต แก้วกลม 11) การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ “มูเตลู” ไหว้พระขอพร วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น ผู้นิพนธ์ มัธยม อ่อนจันทร์ บังอร พลมิตร และ ศรารัตน์ วรรณแจ่ม 12) ผลของปลาซิวแก้วผง (Clupeichthys aesarnensis) ต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัส คุณภาพทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการของลูกชิ้นปลาสวาย จักรินทร์ ตรีอินทอง และ ปิยะฉัตร วิริยะอำไพวงศ์ 13) Genetic Variation and Polymorphism Identification of the Thyroglobulin (TG) Gene in Thai Wagyu Crossbred Cattle ผู้นิพนธ์ Chanachotintawit Kaopong Jiratti Thammasiri Anupong Tankrathok และ Jiranan Insee 14) การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะพร้าวด้วยการผลิตถ่านกัมมันต์ตามแนวทาง BCG Model เพื่อจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ผู้นิพนธ์ อนงค์นาถ โรจนกร วังคำหาญ อนุชา ศรีบุรัมย์ ปนัดดา โพธินาม และ ธนัชพงษ์ วังคำหาญ 15) พัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU สำหรับ

ตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ผู้นิพนธ์ พิมชนก หวันชิตนาย ปนัดดา โพธินาม และ ธนัชพงษ์ วังคำหาญ

บทความในฉบับนี้มาจากนักวิจัยและนักวิชาการที่มีความหลากหลายสังกัด โดยทุกบทความทั้งหมดได้ผ่านการกลั่นกรองและพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewers) จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มาจากหลากหลายหน่วยงานเป็นผู้พิจารณาเพื่อความสมบูรณ์ของบทความ และแจ้งให้ผู้นิพนธ์นำบทความไปปรับปรุงแก้ไขให้เป็นการเรียบร้อยก่อนเข้าสู่กระบวนการตีพิมพ์เผยแพร่ของวารสาร

ในโอกาสนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ นักวิชาการ นักศึกษา และผู้สนใจทุกท่านที่ให้ความสนใจร่วมส่งบทความเผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ และขอขอบคุณกองบรรณาธิการ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประเมินและตรวจสอบบทความทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกยูร ดวงอุปมา)
บรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2568)

ข้อมูลเกี่ยวกับวารสาร ก

กองบรรณาธิการ ค

บทบรรณาธิการ จ

บทความ

การพัฒนาระบบน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เพื่อรองรับกับน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E85 และเปรียบเทียบกับอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95, 91 และ E20 1-12

วีระศักดิ์ โชติกานต์กุล
ประมวล รอนยุทธ
ศรลักษณ์ พวงใบดี
ศรศักดิ์ ฤทธิ์มนตรี
ปริชาศาสตร์ มีเกาะ
สมภาร ดอนจันดา
กัลยา กิตติเลิศไพศาล
ไวรุจน์ อิ่มโพ
สาคร อินทะชัย
รชต บุญยะยุต
ฟุ้งศรี ภักดีสุวรรณ
กิตติภัค โยวราลัย

ผลการใช้เทียนหอมนวดตัวส้มซ่าต่อการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกและผลของการลดการปวดและการตึงตัวความแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน 31-25

แสงสิทธิ์ กฤษฎี
นงนุช บุญแจ้ง
สลิลทิพย์ กุลศิลารักษ์
นรินทร์ กากะทุม

การศึกษาผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึก 26-40
รุจิรา มะธิปิไข
สุภลักษณ์ โคตรชัย
กันย์ชิสา นาคเสน

การพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร ด้วยการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสำหรับนักศึกษา ปวส. 41-52
ปกรณ์ พัฒนานุโรจน์
ภาณุพงศ์ จันฤไชย

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายใน คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 53-64
คนึงศรี นิลดี

ปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ : กรณีศึกษาตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม 65-81
ชัชวาล นามพลแสน
พิมพ์ญดา สุนา
ณรงฤทธิ์ หนูคล้าย
ศศิประภา ดวงอุปมา

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบกระดูกไก่ดำ 82-97
วริษา ผลาหาร
นฤวัตร ภักดี
ภานิชา พงศ์นราทร
จตุพร ประทุมเทศ
รณชัย ภูวันนา

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสและการประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่ของเกษตรกรปลูกข้าวในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 98-112
อัจฉรา นาเลาห์
ฤทธิรงค์ จังโกฏิ
ปกกมล เหล่ารักษาวงษ์
พงศธร ทวีธนวาณิชย์
ทองปักษ์ ดอนประจำ

การเปรียบเทียบวัสดุเพาะในการผลิตหัวเชื้อและก้อนเชื้อขยายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญของเห็ดเยื่อไผ่ (Dictyophora indusiata) 113-121
เนตรดารา จันทร์อุตส่าห์
ทิพยาภรณ์ กล้าวิกรณ์
เอกรินทร์ โพธิ์ทอง
ปุญญิศา ชารีรักษ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกภาพถ่ายเนื้องอกในสมองด้วยแบบจำลอง การเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่มร่วมกับการสกัดคุณลักษณะเวฟเลตส์ทรานสฟอร์ม 122-138
ชัชวาลย์ ศรีมนตรี
เสาวลักษณ์ ไทยกลาง
ชัยวิชิต แก้วกลม

การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ “มูเตลู” ไหว้พระขอพร วัดทุ่งเศรษฐีในจังหวัดขอนแก่น 139-148
มัธยม อ่อนจันทร์
บังอร พลมิตร
ศรารัตน์ วรรณแจ่ม

ผลของปลาซิวแก้วผง (Clupeichthys aesarnensis) ต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัส คุณภาพทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการของลูกชิ้นปลาสวาย 149-164
จักรินทร์ ตรีอินทอง
ปิยะฉัตร วิริยะอำไพวงศ์

Genetic Variation and Polymorphism Identification of the Thyroglobulin (TG) Gene in Thai Wagyu Crossbred Cattle 165-174

Chanachotintawit Kaopong

Jiratti Thammasiri

Anupong Tankrathok

Jiranan Insee

การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะพร้าวด้วยการผลิตถ่านกัมมันต์ตามแนวทาง BCG Model เพื่อจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน 175-183

อนงค์นาถ โรจนกร วังคำหาญ

อนุชา ศรีบุรัมย์

ปนัดดา โพธินาม

ธนัชพงษ์ วังคำหาญ

การพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU สำหรับตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ 184-202

พิมชนก หวันชิตนาย

ปนัดดา โพธินาม

ธนัชพงษ์ วังคำหาญ

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาระบบน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เพื่อรองรับกับน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E85 และเปรียบเทียบกับอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95, 91 และ E20

Development of a 4-stroke motorcycle fuel system to support E85 gasohol and comparison with the fuel consumption rate of gasohol 95, 91 and E20

วีระศักดิ์ โชติกานต์กุล[1] ประมวล รอนยุทธ[1] ศรลักษณ์ พวงใบดี[2] ศรศักดิ์ ฤทธิ์มนตรี[2] ปริชาศาสตร์ มีเกาะ[2]
สมภาร ดอนจันดา[2*] กัลยา กิตติเลิศไพศาล[2] ไวรุจน์ อิ่มโพ[2] สาคร อินทะชัย[2] รชต บุญยะยุต[3]
ฟุ้งศรี ภักดีสุวรรณ[3] และ กิตติภัค โยวราลัย[3]
Wirasak Chotikankun[1], Pramuan Ronyut[1], Sonlak Puangbaidee[2], Sorasak Rithmomtree[2]
Prechasat Meekho[2], Sompan Donchanda[2*], Kallaya Kittilertpaisan[2], Wairut Impho[2]
Sakorn Intachai[2], Rachata boonyayut[3], Foongsri Pakdeesuwan[3] and Kittiphak Yonwaralai[3]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2
[2]สาขาวิชาเครื่องกลและอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
[3]สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิคส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
[1]Department of Automotive Technology, Northeast Vocational Education Institute 2
[2]Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University
[3]Department of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University
*Corresponding author: Sompan_Donchanda@snru.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
1 กรกฎาคม 2568	30 กรกฎาคม 2568	31 กรกฎาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาระบบน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักยานยนต์ 4 จังหวะ ให้รองรับน้ำมันเชื้อเพลิง E85 เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 และเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 91 และ E20 พร้อมตรวจวัดปริมาณวิเคราะห์ค่าไอเสีย โดยทำการติดตั้งกล่องประมวลผลกับรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ยี่ห้อฮอนด้าเวฟ 110i ปรับโหมดใช้น้ำมันเชื้อเพลิง E85 พบว่า สตาร์ทเครื่องเดินเรียบไม่สะดุด ส่วนอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 E85 จากการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็ว 60, 70, 80, 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) ระยะทาง 10, 20, 30 กิโลเมตร (km) พบว่า ค่าจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด คือ แก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 E85 ตามลำดับ แต่เมื่อความเร็วสูงขึ้นและระยะทางไกลขึ้นค่าจะใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณค่าไอเสียน้ำมันเชื้อเพลิง E85 อยู่ที่ร้อยละ 0.29 โดยปริมาตร ค่า HC อยู่ที่ 50.5 ppm จากการทดสอบสรุปได้ว่าจากงานวิจัยนี้เมื่อติดตั้งกล่องประมวลผล E85 แล้วทำให้อัตราเร่งดีตามมาตรฐาน ส่วนอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง คือ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 และ 91 จะมีค่าน้อยกว่า E20 และ E85 เพราะว่า E20 และ E85 มีส่วนผสมของเอทานอลในปริมาณที่สูงกว่า ส่งผลให้ใช้ปริมาณน้ำมันมากกว่าในระยะทางเท่ากัน แต่น้ำมัน E85 มีราคาถูกกว่าเมื่อใช้ความเร็วสูงขึ้นและระยะทางไกลขึ้นอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มจะใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณค่าไอเสียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ: น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85, รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ, กล่องประมวลผล E85, อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

Abstract

The objective of this research was to develop a 4-stroke motorcycle fuel system to support E85 fuel in order to identify the consumption rate of E85 gasohol, to compare the consumption rate with gasohol 95, 91 and E20 and to measure the amount of exhaust gas analysis by installing the processing box into a 4-stroke motorcycle, Honda Wave 110i and adjusting the mode to use E85 fuel. It was found that the engine starts smoothly without any problem. As for the fuel consumption rate of gasohol 95, 91, E20, E85 at the 60, 70, 80, 90 kilometers per hour (km/h) speeds test and at the distances of 10, 20, 30 kilometers (km), it was found that the lowest to highest values were Gasohol 95, 91, E20, and E85, respectively. However, when using higher speeds and longer distances, the values started to be similar for all fuel types. The E85 fuel exhaust gas content was 0.29% by volume. The HC value was 50.5 ppm. In conclusion, when the E85 processing box was installed, the motorcycle operated smoothly without any problem. As for the fuel consumption rate, Gasohol 95 and 91 had lower values than E20 and E85 because E20 and E85 contained a higher amount of ethanol. This resulted the need to use more fuel for the same distance test. However, E85 was cheaper and when using higher speeds and longer distances, the fuel consumption rates started to be similar. The emission levels from the analysis were within the standard.

Keywords: Gasohol E85, 4-stroke motorcycle, E85 processing box, fuel consumption rate

บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกประสบปัญหาทางเศรษฐกิจในทุก ๆ ด้าน และอีกด้านหนึ่งที่ประสบปัญหามากที่สุด คือ ปัญหาด้านพลังงานโดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกที่จะปรับตัวสูงขึ้นและจะปรับตัวตามกลไกตลาดโลก ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของชาติโดยรวม ราคาสินค้าต่าง ๆ ทั้งด้านอุปโภคบริโภคก็ปรับตัวสูงขึ้นตามราคาน้ำมัน อย่างไรก็ตามทางรัฐบาลโดยกระทรวงพลังงานได้พยายามแก้ปัญหาวิกฤตด้านพลังงานให้แก่ประชาชน เพื่อนำไปสู่การสร้างความเข้มแข็งให้แก่เศรษฐกิจของประเทศในภาพรวม จึงมีนโยบายบายสำคัญ ๆ ออกมาหลายประการด้วยกัน นโยบายข้อที่ 3 เกี่ยวกับพลังงานของกระทรวงพลังงานนั้นส่งเสริมพัฒนาและวิจัยพลังงานทดแทนทุกรูปแบบเพื่อเป็นทางเลือกแก่ประชาชน ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงและการพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนรวมทั้งศึกษาวิจัยและเตรียมความพร้อมเพื่อการพัฒนาพลังงานทางเลือกใหม่ ๆ ในอนาคตที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูง และหลักสำคัญของการขยายน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E10 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์หรืออาจขยายผลสู่น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 ในอนาคตต่อไป [1] รถจักรยานยนต์ก็เป็นอีกหนึ่งพาหนะที่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยก็มีการใช้งานกันจำนวนมาก แต่น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนี้มีราคาสูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวันทำให้ค่าครองชีพสูงขึ้นอีกด้วย แต่ปัจจุบันมีเชื้อเพลิงทางเลือกมีเพิ่มมากขึ้นที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป เช่น น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E10 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 ซึ่งราคาต่ำกว่าเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายให้แก่ผู้ใช้รถจักรยานยนต์พอสมควร [2] น้ำมันแก๊สโซฮอล์คือน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นส่วนผสมระหว่างเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ ร้อยละ 95.5 ผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนน้ำมันเบนซิน 9 ส่วนกับเอทานอล 1 ส่วน บางครั้งเรียกว่า น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E10 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 น้ำมันเบนซิน 8 ส่วน กับเอทานอล 2 ส่วน ซึ่งจากนโยบายของกระทรวงพลังงานดังกล่าวข้างต้นนั้นจะพัฒนาการใช้แก๊สโซฮอล์ถึง E85 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 คือ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่ผสมเอทานอลแปลงสภาพ (denatured ethanol) สูงถึง 85 % กับเบนซินธรรมดา เป็นเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [7] เนื่องจากมลพิษที่ปล่อยจากไอเสียน้อย

มากเมื่อเทียบกับเบนซิน นิยมแพร่หลายใช้ในบราซิล สวีเดนและอเมริกา แต่รถจักรยานยนต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันผู้ผลิตยังไม่มีการยืนยันว่าสามารถใช้ได้กับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 ได้มากน้อยเพียงใด [3] ดังนั้นผู้วิจัยจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาระบบเชื้อเพลิงรถจักยานยนต์เพื่อรองรับน้ำมันเชื้อเพลิง E85 และศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และวิเคราะห์ค่าไอเสียในการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 กับรถจักรยานยนต์ เพื่อให้ผู้ใช้รถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดนี้เกิดความมั่นใจในค่าไอเสียของรถจักรยานยนต์ที่กฎหมายกำหนดและส่งเสริมให้ผู้ใช้รถนำไปใช้อย่างแพร่หลายสนองนโยบายของภาครัฐต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

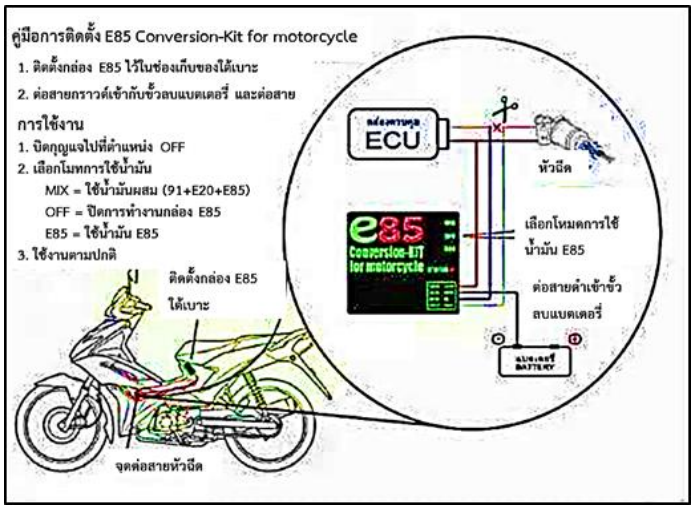
1. พัฒนาระบบน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักยานยนต์ 4 จังหวะ ให้รองรับน้ำมันเชื้อเพลิง E85
2. เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 และเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95, 91 และ E20
3. ตรวจวัดปริมาณวิเคราะห์ค่าไอเสียน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95, 91, E20 และ E85

วิธีดำเนินการวิจัย

เริ่มต้นการวิจัยจากการติดตั้งกล่องประมวลผลน้ำมันเชื้อเพลิง E85 กับรถจักรยานยนต์ ยี่ห้อฮอนด้าเวฟ 4 จังหวะ 110 ไอ [4] เสร็จแล้วทำการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85 และวัดปริมาณวิเคราะห์ค่าไอเสียของรถจักยานยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85

1. ติดตังกล่องประมวลผล E85

ปกติแล้วรถจักยานยนต์ 95 % จะไม่สามารถใช้น้ำมันเชื้อเพลิง E85 ได้ เว้นแต่รุ่นที่ผลิตมาโดยเฉพาะ คณะผู้วิจัยจึงทำการติดตั้งกล่องประมวลผล E85 เข้ากับรถรถจักรยานยนต์ยี่ห้อฮอนด้าเวฟ 4 จังหวะ 110 ไอ [5] โดยใส่ไว้ในใต้เบาะ แล้วต่อสายไฟจากกล่องประมวลผล E85 สีดำเข้ากับขั้วลบแบตเตอรี่ สายสีแดงจากกล่องประมวลผล E85 พ่วงเข้ากับไฟ B^+ กล่อง ECU หลังจากนั้นตัดสายไฟสัญญานหัวฉีดออกจากกล่อง ECU และหัวฉีดตามภาพ สายสีฟ้าจากกล่องประมวลผล E85 ต่อเข้ากับกล่อง ECU ไฟหัวฉีด และสายสีขาวต่อเข้ากับหัวฉีด การเลือกโหมดบิดสวิตช์กุญแจไปตำแหน่ง OFF แล้วเลือกโหมดการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เปิดสวิตช์กุญแจแล้วสตาร์ทใช้งานได้เลย เพราะกล่องประมาลผล E85 จะสั่งกล่อง ECU ให้ประมวลผลรองรับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 และทำให้เครื่องยนต์ในระหว่างการทำงานเดินเรียบไม่สะดุด



ภาพที่ 1 คู่มือการติดตั้งกล่องประมวลผล E85
ที่มา : คู่มือการติดตั้งและใช้งาน E85 Conversion-kit

ภาพที่ 2 การติดตั้งกล่องประมวลผล E85

2. การทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ลำดับและขอบเขตในการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับรถจักรยานยนต์ ยี่ห้อฮอนด้าเวฟ 4 จังหวะ 110 ไอ ใช้ความเร็วที่ 60, 70, 80, 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทาง 10, 20, 30 กิโลเมตร โดยแรงดันลมยางมาตรฐานล้อหน้า 29 PSI ล้อหลัง 33 PSI น้ำหนักคนขับ 60 กิโลกรัม ส่วนสูง 165 เซนติเมตร ถนนที่ใช้ในการทดสอบถนนลาดยางทางจราจร ทำการทดสอบอย่างละสามรอบ

ภาพที่ 3 การทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

หลังจากการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจนครบตามเงื่อนไขแล้วทำการวัดปริมาณสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหลือ แล้วทำการหาอัตราสิ้นเปลืองปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95, 91, E20 และ E85 ที่ใช้ไปกับปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่คงอยู่แล้วนำเปรียบเทียบน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่ความเร็ว 60, 70, 80, 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทาง 10, 20, 30 กิโลเมตร

ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เติม

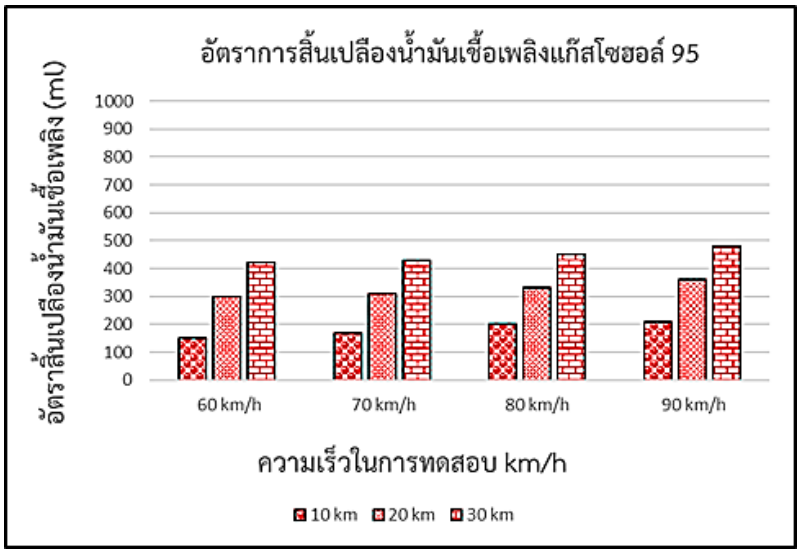
ซึ่งมีสมการคำนวณดังนี้

1. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง = (จำนวนน้ำมันที่เติม ml - น้ำมันที่เหลือ ml) (1)
2. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง = (ระยะทางที่ทดสอบ km / จำนวนลิตรที่เติม l) (2)
3. การวิเคราะห์แก๊สไอเสียของรถจักรยานยนต์ = ใช้การวิเคราะห์โปรแกรมสำเร็จรูป (3)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

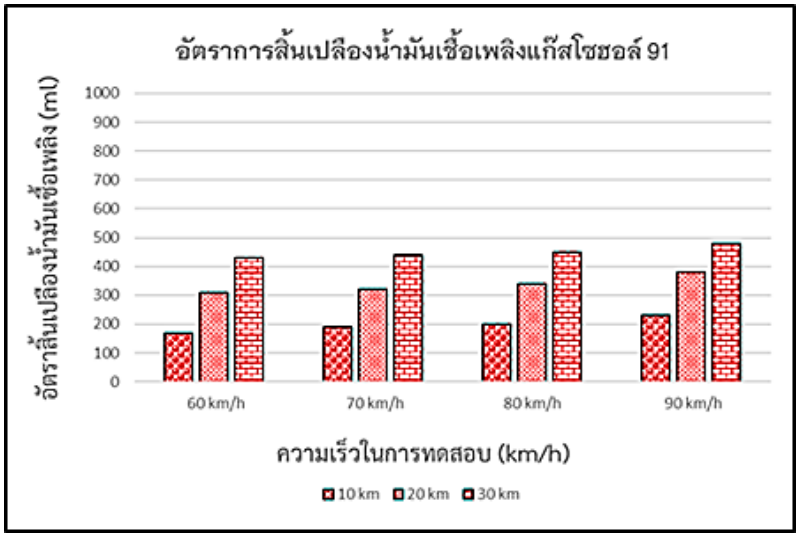
1.ผลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

จากการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับรถจักรยานยนต์ ยี่ฮ้อฮอนด้าเวฟ 4 จังหวะ 110 ไอ เสร็จแล้วทำการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็ว 60, 70, 80, 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทาง 10, 20, 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แล้วทำการวัดปริมาณสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบกับ น้ำมันเชื้อเพลิงชนิด แก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85 ในภาพที่ 5, 6, 7, 8 แตกต่างกันเล็กน้อยตามชนิดของน้ำมัน ตามความเร็วและระยะทางในการทดสอบแต่ละรอบ [6] ภาพที่ 5 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 พบว่า ระยะทาง 10 km ที่ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 150 ml หรือ 66.6 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 170 ml หรือ 58.8 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 180 ml หรือ 55.6 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 180 ml หรือ 55.6 km/l ระยะทาง 20 km ที่ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 300 ml หรือ 66.7 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 310 ml หรือ 66.7 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 330 ml หรือ 60.6 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 360 ml หรือ 55.6 km/l ระยะทาง 30 km ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 420 ml หรือ 71.4 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 430 ml หรือ 69.8 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 450 ml หรือ 66.7 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 480 ml หรือ 62.5 km/l



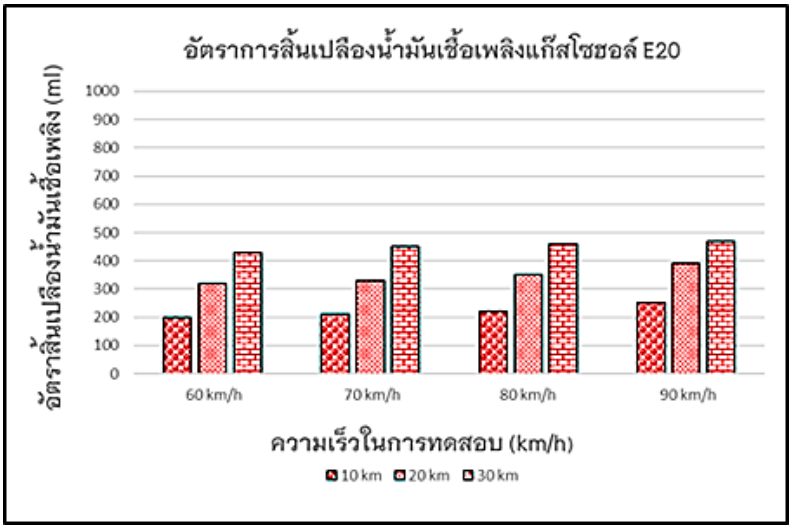
ภาพที่ 5 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95

ภาพที่ 6 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 พบว่า ระยะทาง 10 km ที่ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 170 ml หรือ 58.8 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 190 ml หรือ 52.6 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 200 ml หรือ 50.0 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 230 ml หรือ 43.47 km/l ระยะทาง 20 km ที่ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 310 ml หรือ 64.5 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 320 ml หรือ 62.5 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 340 ml หรือ 58.8 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 380 ml หรือ 52.6 km/l ระยะทาง 30 km ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 430 ml หรือ 69.7 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 440 ml หรือ 68.2 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 450 ml หรือ 66.7 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 480 ml หรือ 62.5 km/l



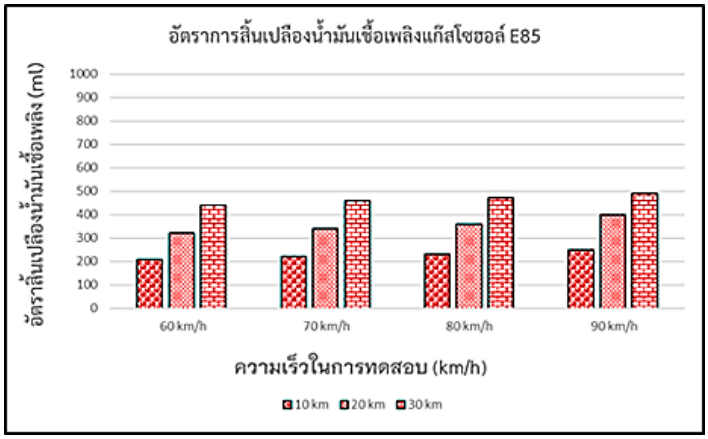
ภาพที่ 6 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91

ภาพที่ 7 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง E20 ระยะทาง 10 km ที่ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 200 ml หรือ 50.0 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 210 ml หรือ 47.6 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 220 ml หรือ 45.5 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 250 ml หรือ 40.0 km/l ระยะทาง 20 km ที่ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 320 ml หรือ 62.5 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 330 ml หรือ 60.6 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 350 ml หรือ 57.1 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 390 ml หรือ 51.3 km/l ระยะทาง 30 km ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 430 ml หรือ 69.7 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 450 ml หรือ 66.7 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 460 ml หรือ 65.2 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 470 ml หรือ 63.8 ml/km



ภาพที่ 7 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E20

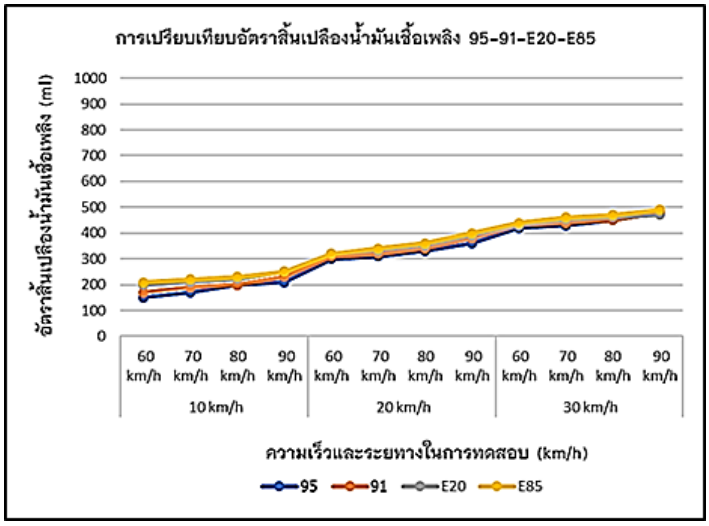
ภาพที่ 8 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง E85 พบว่า ระยะทาง 10 km ที่ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 210 ml หรือ 47.6 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 220 ml หรือ 45.5 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 230 ml หรือ 43.5 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 250 ml หรือ 40.0 km/l ระยะทาง 20 km ที่ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 320 ml หรือ 62.5 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 340 ml หรือ 58.8 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 360 ml หรือ 55.5 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 400 ml หรือ 50 km/l ระยะทาง 30 km ความเร็ว 60 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 440 ml หรือ 68.2 km/l ที่ความเร็ว 70 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 460 ml หรือ 65.2 km/l ความเร็ว 80 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 470 ml หรือ 63.8 km/l ความเร็ว 90 km/h อัตราการสิ้นเปลือง 490 ml หรือ 61.2 km/l



ภาพที่ 8 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E85

2.เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 91 และ E20

ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85 ที่ความเร็ว 60, 70, 80, 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทาง 10, 20, 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 มีอัตราสิ้นเปลืองน้อยสุด รองลองมาคือแก๊สโซฮอล์ 91 E20 และ E85 ตามลำดับ เมื่อเทียบความเร็วระยะทางและระยะทางในการทดสอบ



ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85

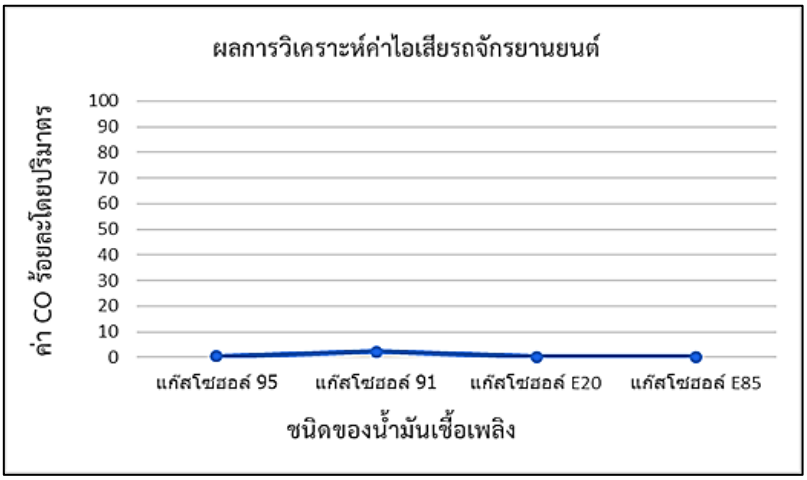
3.การวิเคราะห์แก๊สไอเสียของรถจักรยานยนต์

งานวิจัยนี้วิเคราะห์การปล่อยไอเสียด้วยเครื่องวัดปริมาณและวิเคราะห์ไอเสียรถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Heshbon รุ่น HG-510 ที่มีช่วงการวัด 15,000 ppm สามรถวัด CO และ HC สอบเทียบด้วยก๊าซมาตรฐานและจอแสดงผล LED มาตรฐานคุณภาพ KS Q ISO 9001:2009 / ISO 9001:2008 / ISO 3930 ดังภาพที่ 10 และ 11

ภาพที่ 10 วัดปริมาณแก๊สไอเสียของรถจักรยานยนต์

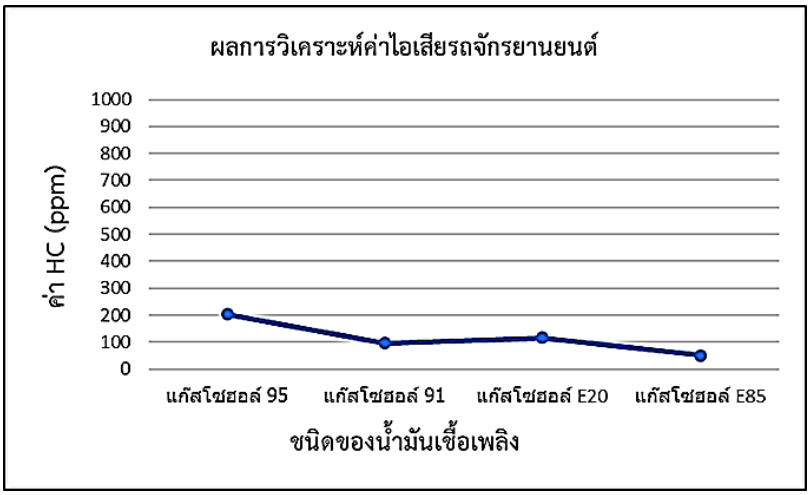
ภาพที่ 11 วิเคราะห์แก๊สไอเสียของรถจักรยานยนต์

ภาพที่ 12 ผลการวิเคราะห์ค่า CO ไอเสียจากการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85 พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 ค่า CO ร้อยละ 0.44 โดยปริมาตร แก๊สโซฮอล์ 91 ค่า CO ร้อยละ 1.5 โดยปริมาตร ค่า E20 ค่า CO ร้อยละ 0.31 โดยปริมาตร และ E85 ค่า CO ร้อยละ 0.29 โดยปริมาตร



ภาพที่ 12 ค่า CO ไอเสียจากการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85

ภาพที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่า HC ไอเสียจากการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85 พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 ค่า HC 202 ppm แก๊สโซฮอล์ 91 ค่า HC 97 ppm E20 ค่า HC 116 ppm และ E85 ค่า HC 50.5 ppm



ภาพที่ 13 ค่า HC ไอเสียจากการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85

สรุปผล

จากการพัฒนาระบบน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เพื่อใช้กับน้ำมันเชื้อเพลิง E85 โดยมีเงื่อนไขการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็ว 60, 70, 80, 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทาง 10, 20, 30 กิโลเมตร แล้วทำการวัดปริมาณสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิด แก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 และ E85 ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผู้วิจัยใส่กล่องประมวลผลน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ากับกล่อง ECM และแบตเตอรี่แล้ว เติมน้ำมันเชื้อเพลิง E85 ปรับโหมดใช้เชื้อเพลิง E85 สตาร์ตเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เดินเรียบอัตราเร่งได้ดีตามมารฐาน แล้วทำการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน

เชื้อเพลิง แก๊สโซฮอล์ 95 91 E20 E85 แล้วนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกัน พบว่า อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยสุด คือ แก๊สโซฮอล์ 95 รองลงมาคือ 91 และน้อยสุดตามลำดับ E20 E85 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 และ 91 จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่า E20 และ E85 เพราะว่า E20 และ E85 มีส่วนผสมของเอทานอลในปริมาณที่สูงกว่าทำให้มีค่าพลังงานต่อน้ำหนักน้อยกว่าน้ำมันเบนซินส่งผลให้ต้องใช้ปริมาณน้ำมันมากกว่าในการทดสอบที่ระยะทางเท่ากัน แต่เมื่อใช้ความเร็วสูงขึ้นและระยะทางไกลขึ้น อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มจะไกล้เคียงกันทุกชนิดที่ทำการทดสอบ ซึ่งเป็นข้อดีแก่ผู้เลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกกว่า [7] สอดรับกับงานวิจัยที่พัฒนาระบบน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เพื่อใช้กับน้ำมันเชื้อเพลิง E85 และค่า CO น้ำมันเชื้อเพลิง E85 อยู่ที่ร้อยละ 0.29 โดยปริมาตร ไม่เกิน ร้อยละ 4.5 โดยปริมาตร ค่า HC อยู่ที่ 50.5 ppm มีค่าน้อยกว่า 1,000 ppm มีค่าน้อยสุดและต่ำมากจากการทดสอบเทียบชนิดน้ำมันอื่น ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยานยนต์ที่กฎหมายกำหนดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [7]

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณลูกศิษย์ที่ช่วยทำการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และขอบคุณศูนย์บริการรถจักรยานยนต์สกลนคร ที่ทำการวัดปริมานและวิเคราะห์ค่าไอเสียให้เพื่อเป็นการส่งเสริมการพัฒนาระบบเชื้อเพลิงให้ใช้งานได้หลากหลายชนิดในอนาคตและรองรับรถจักรยานยนต์ที่ผลิตออกมารุ่นก่อนและรุ่นใหม่ ๆ ให้สามารถใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกลงได้และลดการพึ่งพาน้ำมันจากฟอสซิล

เอกสารอ้างอิง

1 คณะกรรมการการพลังงานสภาผู้แทนราษฎร, พลังงานทดแทนเอทานอลและไบโอดีเซลสำหรับการผสมเอทานอลในน้ำมันเบนซิน:(ออนไลน์), ที่มา : http//www.parliament.go.th, 2545

2 ธนวัฒน์ ศรีรักษา, วิทยา วงษ์กลาง, ศุภกิจเอียดตรง, ประทาน ศรีชัย. การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในระบบหัวฉีดเข้าท่อร่วมไอดีในเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์สูบเดียว, วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, ปีที่ 13 ฉบับที่ 3 กันยายน–ธันวาคม 2564.

3 พิเชฏฐ์ พรหมดวง. โครงการเปลี่ยนคาร์บูเรเตอร์รถมอเตอร์ไซค์เพื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85, สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, 2554.

4 บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, คู่มือประกอบการอบรมรถจักรยานยนต์ รุ่น Wave 110 i : ฝ่ายบริการหลังการขาย, สาขาสกลนคร, 2556.

5 หจก.องค์สนิทฯ, "โครงการกล่อง ECU. Xugarflex เพื่อให้รถมอเตอร์ไซค์ระบบหัวฉีดสามารถใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85", สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, 2555.

6 ชยพล คติการ. พลังงานทดแทน E85, ผู้เชี่ยวชาญที่ปรึกษาด้านพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2555.

7 ไกรฤทธิ์ นิลคูหา, โครงการวิจัยส่งเสริมสาธิตและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 สำหรับรถจักรยานยนต์, อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2556.

8 Mourad, M., & Mahmoud., K. Investigation into SIEngine Performance Characteristics and Emissions Fuelled with Ethanol/Butanol-Gasoline Blends. Renewable Energy,143,762-771, 2019.

9 Phuangwongtrakul, S., Wechsatol, W., Sethaput, T., Suktang, K., & Wongwises, S. Experimental Study on Sparking Ignition Engine Performance for Optimal Mixing Ratio of Ethanol-gasoline Blended Fuels. Applied Thermal Engineering,100, 869-879, (2016).

10 Pulkrabek, W. (2003). Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. (2nded.). United states: Pearson, (2003).

11 Thummadetsak,T., Tipdecho,C., Wongjareonpanit., U., & Monnum, P. Thailand Fuel Performance and Emissions in Flex Fuel Vehicles.SAE International, 2010.

12 Tunpaiboon, N. Ethanol Industry. Krungsri Research. (in Thai), 2019.

13 Topgul, T., Yucesu, H. S., Cinar, C., & Koca, A. The Effects of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends and IgnitionTiming on Engine Performance and Exhaust Emissions. Renewable Energy,31, 2534-2542, 2006.

บทความวิจัย (Research Article)

ผลการใช้เทียนหอมนวดตัวส้มซ่าต่อการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึก และผลของการลดการปวดและการตึงตัวความแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน

The effect of using scented candles for body massage with *Citrus aurantium* on changes in the autonomic nervous system and emotions, and the effect of reducing pain and stiffness of the back muscles

แสงสิทธิ์ กฤษฎี[1] นงนุช บุญแจ้ง[1*] สลิลทิพย์ กุลศิลารักษ์[1] และ นรินทร์ กากะทุม[1]
Saengsit Kritsadee[1], Nongnuch boonjang[1*], Salinthip Kunsilarak[1] and Narin Kakatum[1]
[1]สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ วิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตสมุทรสงคราม
[1]Department of Allied Thai Traditional Medicine, College of Allied Health Science, Suan Sunandha Rajabhat University, Samut Songkhram Campus
*Corresponding author email: nongnuch.bo@ssru.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
30 มิถุนายน 2568	13 สิงหาคม 2568	20 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้เทียนหอมนวดตัวส้มซ่าต่อการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึก และผลของการลดการปวดและการตึงตัวความแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน โดยการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของส้มซ่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมนวดตัวจากส้มซ่า การศึกษาผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าที่มีต่อระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ความดันโลหิต การเต้นของหัวใจ การหายใจ และอารมณ์ความรู้สึก และการศึกษาประสิทธิผลของการนวดไทยราชสำนักร่วมกับการใช้เทียนหอมนวดตัวต่อความเจ็บปวดและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ โดยการศึกษาในอาสาสมัครจำนวน 50 คน โดยวิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) สารสกัดหยาบของเปลือกผลส้มซ่าน้ำหนัก 500 กรัม วิธีการกลั่นแบบสกัดด้วยไอน้ำ (Hydrodistillation) ได้ปริมาณสารสกัดหยาบของเปลือกผลส้มซ่าเท่ากับ 2 กรัม และคำนวณหาร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบต่อน้ำหนักของพืชสมุนไพรตัวอย่าง (% yield) ของสารสกัดจากเปลือกผลส้มซ่า เท่ากับ 16.04 กรัม การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radicals scavenging assay ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลสระของสารสกัดเปลือกส้มซ่า ด้วยตัวทำละลายเอทานอล และสารมาตรฐาน Butylated Hydroxytoluene หรือ BHT พบว่า สารสกัดเปลือกส้มซ่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่าความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดผลกระทบครึ่งหนึ่งของค่าสูงสุดที่วัดได้ในการทดลอง Effective Concentration 50%) หรือ EC_{50} เท่ากับ 0.17±0.006 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สารมาตรฐาน BHT มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.01±0.005 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร การทดสอบความคงตัวทางกายภาพและทางเคมี พบว่า ผลการทดสอบความปลอดภัยในอาสาสมัครที่ทาเทียนนวดตัว ร้อยละ 100 ไม่พบอาการผิดปกติบริเวณผิวหนังที่ทาแต่อย่างใดต่ออาสาสมัคร ทำให้เชื่อได้ว่าสูตรนี้มีความปลอดภัยที่ไม่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังของอาสาสมัคร ผลการใช้น้ำมันหอมระเหยส้มซ่าที่มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกในอาสาสมัครสุขภาพดี ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์กับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า

คำสำคัญ: ส้มซ่า, เทียนหอมนวดตัว, นวดไทย, อารมณ์ความรู้สึก

Abstract

This research aimed to study the effects of using Citrus aurantium scented massage candles on changes in the autonomic nervous system and emotions, as well as on the reduction of pain and stiffness of the upper back muscles. The study included: (1) investigating the antioxidant activity of Citrus aurantium; (2) developing Citrus aurantium scented massage candle products; (3) examining the effects of inhaling Citrus aurantium essential oil on the autonomic nervous system blood pressure, heart rate, respiration and on emotional states; and (4) evaluating the effectiveness of combining Thai Royal Massage with Citrus aurantium scented massage candles in reducing muscle pain and stiffness. The study was conducted with 50 purposively selected volunteers. Crude essential oil was obtained from 500 g of Citrus aurantium peel via hydrodistillation, yielding 2 g of extract, equivalent to a % yield of 16.04 based on the sample's dry weight. Antioxidant activity was assessed using the DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging assay. The results showed that Citrus aurantium peel extract (ethanol solvent) had antioxidant activity with an EC_{50} value of 0.17 ± 0.006 mg/ml, compared with the standard antioxidant Butylated Hydroxytoluene (BHT), which had an EC_{50} value of 0.01 ± 0.005 mg/ml. Physical and chemical stability tests indicated that 100% of volunteers who applied the massage candle experienced no abnormal skin reactions, confirming that the formula is safe and non-irritating. The study also examined the effects of Citrus aurantium essential oil inhalation on the autonomic nervous system and emotions in healthy volunteers, comparing responses during inhalation of almond oil versus Citrus aurantium essential oil.

Keywords: *Citrus aurantium*, Scented candle, Thai massage, Emotions

บทนำ

ส้มซ่า (*Citrus aurantium* var. aurantium) จัดเป็นพืชวงศ์ Rutaceae เป็นผลไม้ที่มีประโยชน์แทบจะทุกส่วน นอกจากให้วิตามินซีกับร่างกายแล้วกลิ่นของผลส้มเหมาะมากในช่วงเวลาท้อแท้สิ้นหวัง เพราะช่วยคลายความเครียดให้กลับมาเป็นความสดชื่นได้ดีได้กลิ่นแล้วรู้สึกกระปรี้กระเปร่าตามสรรพคุณทางการแพทย์แผนไทย ผิวผล และน้ำในผล ใช้ประกอบอาหารเปลือกผล รสปร่าหอมใช้ทำยาหอมแก้ลมวิงเวียนหน้ามืดตาลาย แก้ท้องอืดเฟ้อ น้ำในผล รสเปรี้ยวอมหวาน กัดเสมหะ แก้ไอ ฟอกโลหิต ใบ รักษาโรคผิวหนัง [1] ซึ่งในปัจจุบันความเครียดนี้สามารถเกิดขึ้นได้กับทุกคน ในทุกช่วงเวลา เมื่อเกิดความเครียดแล้วจะทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ทั้งร่างกายและจิตใจ เช่น หงุดหงิด กลัว วิตกกังวล ปวดหัวเวียนหัว เกิดอาการทางกระเพาะ ทำให้อาหารไม่ย่อย นอนไม่หลับ อ่อนเพลีย หมดเรี่ยวหมดแรง ย้ำคิดย้ำทำ เกิดอาการผิดปกติทางประสาทหรือทางใจ ถ้าเกิดขึ้นบ่อยครั้งหรือเป็นระยะเวลานาน จะทำให้จิตใจปั่นป่วนและเกิดอาการทุกข์ทางใจที่แก้ได้ยาก ที่สำคัญคือเป็นสาเหตุของอาการออฟฟิศซินโดรม (office syndrome) [2] น้ำมันหอมระเหยช่วยส่งผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึก [3] และการใช้น้ำมันหอมระเหยบางชนิดยังส่งผลระบบกล้ามเนื้อด้วย [4]

ในการศึกษาสารพฤกษเคมีของส้มซ่า น้ำมันหอมระเหยเปลือกผลของส้มซ่าจะมีสารองค์ประกอบหลัก ได้แก่ limonene, myrcene, linalool, β-pinene และ α-pinene [5] สารองค์ประกอบและสารให้กลิ่นเปลือกส้มซ่า ได้แก่ l-linalool และ citronellal [6]

จากปัญหาความเครียดของกลุ่มวัยรุ่นและการใช้น้ำมันหอมระเหยที่อาจช่วยให้บรรเทาความเครียดได้นั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า โดยศึกษาผลการใช้เทียนหอมนวดตัวส้มซ่าต่อการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึก และผลของการลดการปวดและการตึงตัวความแข็งตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากได้เปลือกผลส้มซ่า
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียนหอมนวดตัวจากน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า
3. เพื่อศึกษาผลการใช้น้ำมันหอมระเหยส้มซ่าที่มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกในอาสาสมัครสุขภาพดี
4. เพื่อศึกษาผลการใช้เทียนหอมนวดตัวจากน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าในอาสาสมัครสุขภาพดี

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส้มซ่า 2) การศึกษาผลการใช้น้ำมันหอมระเหยส้มซ่าที่มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกในอาสาสมัครสุขภาพดี 3) การพัฒนาเทียนหอมนวดตัวที่มีส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า และ 4) ศึกษาผลการใช้เทียนหอมนวดตัวจากน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าในอาสาสมัครสุขภาพดี

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radicals scavenging assay

การเตรียมตัวอย่างและการสกัดเปลือกผลส้มซ่า เก็บตัวอย่างส้มซ่าจากพื้นที่ จ.สมุทรสงคราม นำมาล้างทำความสะอาด ลอกเปลือกออก ตากในที่ร่มให้แห้ง แล้วนำไปอบต่อในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำเปลือกผลส้มซ่า น้ำหนัก 500 กรัม ใช้วิธีการกลั่นแบบสกัดด้วยไอน้ำ (Hydrodistillation) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหยหนักกว่าน้ำ (Essential Oil Determination Apparatus หรือ Clevenger Apparatus) เก็บน้ำมันหอมระเหย (2.64 มิลลิลิตร) และใส่ขวดแก้วสีชาปิดสนิทไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาองประกอบ ทำการทดลองซ้ำ 3 รอบ [7] แล้วคำนวณ % Yield ตามสูตรคำนวณ ดังนี้

ร้อยละของปริมาณสิ่งสกัดสุทธิ (% Yield) = [ปริมาณสิ่งสกัดที่ได้ (กรัม) /น้ำหนักตั้งต้นของตัวอย่างที่ศึกษา (กรัม)] x 100

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radicals scavenging assay

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH) โดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีม่วง เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านออกซิเดชันที่ละลายด้วยเอทานอล จะทำให้สีม่วงจางลงจนเป็นสีเหลือง ดัดแปลงจากวิธีของ Brand และคณะ (1995) Brand WW, Cuvelier M, Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidantactivity. lebensmittel wissenschaft und tech 1995; 28: 25–30

การเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.05 mM ชั่ง DPPH 2.4 mg ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ml เติมเอทานอลเขย่าให้เข้ากัน และปรับปริมาตรจนถึงขีดที่กำหนด เตรียมสารละลายมาตรฐาน BHT 5 ความเข้มข้น (1.25 – 20 µg/ml) เตรียมสารสกัดเปลือกผลส้มซ่า 5 ความเข้มข้น (62.5 - 500 µg/mL)

การตรวจวัดคุณสมบัติของสารมาตรฐาน และสารสกัดสมุนไพร เติมสารละลายมาตรฐาน และสารละลายสารสกัดสมุนไพร ลงใน 96 well plate จำนวน 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH radical ลงในหลุมที่มีสารมาตรฐาน

หรือสารละลายสารสกัดสมุนไพร จำนวน 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลต (microplate reader) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย นำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณ % inhibition จากสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(\text{Control OD} - \text{Sample OD}) / (\text{Control OD})] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ Control OD คือ ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH และตัวทำละลายที่ใช้

และ Sample OD คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารกัดที่ผสมกับ DPPH

จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของ % Inhibition (%I) ในแต่ละความเข้มข้นไปหาค่า EC50 โดยใช้โปรแกรม GraphPad Prism

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลการใช้น้ำมันหอมระเหยส้มซ่าที่มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกในอาสาสมัครสุขภาพดี

มีรูปแบบการการศึกษา 1 กลุ่ม วัดผลก่อนและหลังการสูดดมกลิ่น โดยมีผู้เข้าร่วมการทดลอง จำนวน 50 คน ทำการศึกษา ณ คลินิกการแพทย์แผนไทยประยุกต์ โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยและการแพทย์บูรณาการ วิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม ระยะเวลาในการศึกษา เดือน ตุลาคม ถึง ธันวาคม พ.ศ.2567

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาและบุคลากร ของวิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 1,202 คน โดยวิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling)

กลุ่มตัวอย่าง คือ อาสาสมัครอายุ 18-35 ปี จำนวน 50 คน โดยกำหนดคุณสมบัติกลุ่มตัวอย่างดังต่อไปนี้

เกณฑ์การคัดเข้า

1. อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ และลงนามในเอกสารยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวอย่างเต็มใจ
2. เป็นผู้มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีโรคแทรกซ้อนเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับทางเดินหายใจส่วนบน ไม่มีปัญหาสุขภาพ เมื่อประเมินจากแบบสอบถามข้อมูลสุขภาพ (ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีโรคแทรกซ้อนเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับทางเดินหายใจส่วนบน)
3. มีความดันโลหิตอยู่ในระดับปกติ อาสาสมัครจะต้องมีค่าความดันโลหิตตัวบนน้อยกว่า 140 มิลลิเมตรปรอท และค่าความดันโลหิตตัวล่าง น้อยกว่า 90 มิลลิเมตรปรอท อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าระหว่าง 60-100 ครั้ง/นาที และอัตราการหายใจมีค่าระหว่าง 16-20 ครั้ง/นาที [8]
4. ไม่สูบบุหรี่หรือเลิกบุหรี่ไม่ต่ำกว่า 1 ปี เพราะการสูบบุหรี่มีผลต่อการรับกลิ่น
5. อาสาสมัครต้องไม่มีประวัติการแพ้น้ำหอม หรือน้ำมันหอมระเหย
6. อาสาสมัครต้องไม่มีประวัติแพ้ยาหรือผลิตภัณฑ์พลาสติก
7. หากผู้เข้าร่วมเป็นเพศหญิง ต้องไม่อยู่ในช่วงของการมีประจำเดือนในวันที่เข้าร่วมการวิจัย เนื่องจากผู้มีประจำเดือนมีการรับกลิ่นลดลง

เกณฑ์การคัดออก

1. กลุ่มตัวอย่างขอถอนตัวออกจากการวิจัย
2. วันที่ทำการทดลอง อาสาสมัครพักผ่อนไม่เพียงพอ รู้สึกง่วงนอน และอ่อนเพลียในช่วงก่อนเริ่มการวิจัย

3. รับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่มีสารคาเฟอีน เช่น ชา กาแฟ เครื่องดื่มชูกำลัง ฯลฯ และแอลกอฮอล์ในวันที่เข้าร่วมวิจัย เนื่องจากอาหารและเครื่องดื่มที่มีสารคาเฟอีน ทรีโอฟิลลิน ซึ่งมีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติ

4. พบอาการแพ้กลิ่น หรือสมุนไพร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดสัญญาณชีพ รุ่น Multi-Parameter Patient Monitor รุ่น M700
2. ถังออกซิเจน
3. หน้ากากออกซิเจนขนาดผู้ใหญ่
4. คอมพิวเตอร์
5. เก้าอี้ มีพนักพิง

แบบประเมินที่ใช้ในการศึกษา

1. แบบสอบถามข้อมูลสุขภาพ
2. แบบบันทึกสัญญาณชีพ และอารมณ์ความรู้สึก

ขั้นตอนการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา 1 กลุ่ม วัดผลการศึกษาก่อนและหลังการสูดดม
2. การเตรียมกลิ่น โดยใช้น้ำมันหอมระเหยส้มซ่า ซึ่งมีพื้นฐานจากศาสตร์การแพทย์แผนไทย [9]
3. การทดลอง ผู้วิจัยได้แนะนำตัว ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขั้นตอนการศึกษาระยะเวลาของการศึกษา อธิบายโดยใช้เอกสารชี้แจงแนะนำข้อมูลและให้กลุ่มตัวอย่างแสดงความยินยอมเข้าร่วมเป็นอาสาสมัคร

ขั้นตอนการทำการทดลอง

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยต้นเองโดยใช้แบบบันทึกข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ให้อาสาสมัครทำแบบประเมินก่อนเข้ารับการสูดดมกลิ่น การวัดสัญญาณชีพและอารมณ์ความรู้สึก [10]
2. ก่อนการทดลองมีการเตรียมห้องโดยการเตรียมห้องที่อุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นในห้อง 40-60 % ให้อาสาสมัครนั่งพิงเก้าอี้และอยู่ในท่าที่สบาย 10 นาที การคุมแสงและเสียงให้คงที่ตลอดการทำการทดลอง
3. บันทึกอารมณ์ความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างก่อนการรับกลิ่น 10 นาที และติดอุปกรณ์ในการวัดผลสัญญาณชีพ ได้แก่ ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ก่อนการรับกลิ่น โดยใช้แบบบันทึกของผู้วิจัย
4. วัดผลสัญญาณชีพขณะพัก คือ วัดความดันโลหิตทุก 5 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที, วัดอัตราการเต้นของหัวใจทุก 1 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที, วัดอัตราการหายใจทุก 1 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที
5. ให้กลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ โดยสูดดมเป็นเวลา 10 นาที ผ่านถังออกซิเจนแรงดัน 2 ลิตร/นาที วัดผลสัญญาณชีพ คือ วัดความดันโลหิตทุก 5 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที, วัดอัตราการเต้นของหัวใจทุก 1 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที วัดอัตราการหายใจทุก 1 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที และให้อาสาสมัครบันทึกอารมณ์ความรู้สึกหลังการสูดดม
6. ให้กลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า เป็นระยะเวลา 10 นาที ผ่านถังออกซิเจนแรงดัน 2 ลิตร/นาที วัดผลสัญญาณชีพ คือ วัดความดันโลหิตทุก 5 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที, วัดอัตราการเต้นของหัวใจทุก 1 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที วัดอัตราการหายใจทุก 1 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที และให้อาสาสมัครบันทึกอารมณ์ความรู้สึกหลังการสูดดม
7. นำข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมาตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 พัฒนาเทียนหอมนวดตัวที่มีส่วนผสมน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบในห้องปฏิบัติการ โดยมีวิธีการดังนี้

1. เทียนหอมนวดตัวที่พัฒนาจากเทียนหอมนวดตัวตำรับวังสวนสุนันทาเป็นสูตรพื้นฐาน โดยใส่สารสกัด/น้ำมันหอมระเหยส้มซ่าแทนกลิ่นดั้งเดิมลงไป ซึ่งมีส่วนประกอบ ได้แก่ Tocopherol Acetate 1 กรัม, Shea Butter 14 กรัม, Soy Wax 30 กรัม, Macadamia Nut Oli 5 กรัม, Butylated Hydroxytoluene 5 กรัม และสารสกัด/น้ำมันหอมระเหยส้มซ่า 10 กรัม

2. เทสารต่าง ๆ ละลายเข้าด้วยกัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงเติมน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าลงไป แล้วเทลงพิมพ์จากนั้นใส่ไส้เทียนทิ้งไว้ในเย็น

3. การประเมินคุณภาพและความคงตัว โดยการทดสอบความคงตัวทางกายภาพและทางเคมีการทดสอบความคงตัวต่อสภาวะเร่ง โดยการเร่งด้วยอุณหภูมิ (Heating-cooling cycle) โดยนำเทียนหอม ใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ สลับกันเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบ 7 รอบ แล้วนำมาประเมินค่าความเป็นกรด-ด่าง pH โดยใช้ pH meter สังเกตสีและการแยกชั้น

4. การทดสอบความปลอดภัยด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์เทียนหอมนวดตัวส้มซ่าด้วยวิธี skin patch test ให้อาสาสมัครทาในปริมาณ 1 กรัม/สูตร ที่ท้องแขนของอาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 13 คน บนพื้นที่ผิว 5 x 4 ตารางเซนติเมตร ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วปิดทับบริเวณที่ทาด้วยผ้าก๊อซและพลาสเตอร์ชนิดกันน้ำ เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยไม่ต้องล้างออกแล้วประเมินผลการแพ้โดยการสังเกตลักษณะผิวหนังด้วยตาเปล่าเป็นเวลา 30 นาที หลังแกะผ้าออกโดยพิจารณาตามเกณฑ์การพิจารณาความระคายเคืองของผลิตภัณฑ์ต่อผิวหนัง โดยค่าระดับคะแนน ได้แก่ 0 = ไม่เกิดการระคายเคือง, 0.5 = ผนังแดงเล็กน้อยหรือมีจุดแดงกระจายเล็กน้อย, 1 = ผิวหนังแดง, 2 = ผิวหนังแดงชัดเจนร่วมกับอาการบวมน้ำของผิวหนังและมีหรือไม่มีถุงน้ำ, 3 = ผิวหนังแดงรุนแรงร่วมกับอาการบวมน้ำรุนแรงและมีหรือไม่มีถุงน้ำ [11]

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาผลการใช้เทียนหอมนวดตัวจากน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าในอาสาสมัครสุขภาพดี

มีรูปแบบการการศึกษา 1 กลุ่ม วัดผลการศึกษาก่อนและหลัง โดยมีผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยวิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 50 คน ทำการศึกษา ณ คลินิกการแพทย์แผนไทยประยุกต์ โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทยและการแพทย์บูรณาการ วิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม ระยะเวลาในการศึกษา เดือน ตุลาคม ถึง ธันวาคม พ.ศ.2567 (โดยใช้เกณฑ์การคัดเข้า คัดออกของอาสาสมัคร เช่นเดียวกันกับขั้นตอนที่ 2 แต่อาสาสมัครในขั้นตอนที่ 4 จะเป็นคนละกลุ่มกัน)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผลิตภัณฑ์เทียนหอมนวดตัวน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า
2. แบบประเมินความเจ็บปวดด้วยมาตรวัดแบบเฟเซียลสเกลล์ (Facial scale)
3. เครื่องวัดความแข็งของเนื้อเยื่อและวัดระดับความเจ็บปวดโดยแรงกดในเครื่องเดียวกัน (tissue hardness meter and algometer)

ขั้นตอนการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา 1 กลุ่ม วัดผลการศึกษาก่อนและหลัง
2. การเตรียมผลิตภัณฑ์เทียนหอมนวดตัวน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า ที่จะใช้ใช้ร่วมกับการนวดไทยแบบราชสำนัก
3. การทดลอง โดยผู้วิจัยได้แนะนำตัวชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขั้นตอนการศึกษาระยะเวลาของการศึกษา อธิบายโดยใช้เอกสารชี้แจงแนะนำข้อมูลและให้กลุ่มตัวอย่างแสดงความยินยอมเข้าร่วมเป็นอาสาสมัคร

ขั้นตอนการทำการทดลอง

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบบันทึกข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ให้อาสาสมัครทำแบบประเมินความเจ็บปวดด้วยมาตรวัดแบบเฟเซียลสเกลล์ (Facial scale) บริเวณคอ บ่า ไหล่ (Office syndrome) จากคะแนน 0-10 ก่อนทำการทดลอง

2. วัดความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ ด้วยเครื่อง tissue hardness meter and algometer และบันทึกผลก่อนทำการทดลอง

3. ทำการทดลองโดยการนวดไทยแบบราชสำนัก ร่วมกับการใช้น้ำมันที่ได้จากผลิตภัณฑ์เทียนหอมนวดตัวที่มีส่วนผสมจากน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า โดยใช้น้ำมันนวดที่ได้จากเทียนหอม ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ทาให้ทั่วกล้ามเนื้อบริเวณคอ บ่า ไหล่

4. ทำการนวดตามแนวเส้น 2 แนวเส้น คือ พื้นฐานบ่า พื้นฐานโค้งคอ ทฤษฎีการนวดไทยราชสำนัก จุดละ 15 วินาที ด้วยแรงกด 70 ปอนด์ และทำการนวดซ้ำ 3 รอบ

5. ให้อาสาสมัครทำแบบประเมินความเจ็บปวดด้วยมาตรวัดแบบเฟเซียลสเกลล์ (Facial scale) บริเวณคอ บ่า ไหล่ (Office syndrome) จากคะแนน 0-10 หลังการทดลอง

6. วัดความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ ด้วยเครื่อง tissue hardness meter and algometer และบันทึกผลหลังทำการทดลอง

7. นัดหมายทำการนวด ครั้งที่ 2 และ 3 ต่อไป โดยห่างกัน 2 วันตามลำดับ

8. นำข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองทั้ง 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้สถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลที่ได้ โดยใช้สถิติการแจงความถี่ ใช้ค่าสถิติแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาทอัตโนมัติของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังดมกลิ่นส้มซ่าโดยใช้สถิติ Paired t-test

เปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ความรู้สึกต่อการสูดดมกลิ่นส้มซ่า โดยใช้สถิติ Paired t-test

เปรียบเทียบผลการใช้เทียมหอมนวดตัวกลิ่นส้มซ่า กับการปวด และการตึงตัวของกล้ามเนื้อ โดยใช้สถิติ Paired t-test

การพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ COA.1-027/2024 หลังจากนั้นผู้วิจัยเข้าพบกลุ่มตัวอย่าง แนะนำตัว ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและให้ตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยโดยอิสระ ทั้งนี้สามารถถอนตัว หรือยกเลิกการให้ข้อมูลได้ตลอดเวลา ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ และนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สารสกัดหยาบของเปลือกผลส้มซ่า น้ำหนัก 500 กรัม วิธีการกลั่นแบบสกัดด้วยไอน้ำ (Hydrodistillation) ได้ปริมาณสารสกัดหยาบของเปลือกผลส้มซ่าเท่ากับ 2 กรัม จากนั้นคำนวณหาร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบต่อน้ำหนักของพืชสมุนไพรตัวอย่าง (% yield) ของสารสกัดจากเปลือกผลส้มซ่า เท่ากับ 16.04 กรัม

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radicals scavenging assay ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลสระของสารสกัดเปลือกส้มซ่า ด้วยตัวทำละลายเอทานอล และสารมาตรฐาน BHT พบว่า สารสกัดเปลือกส้มซ่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.17±0.006 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สารมาตรฐาน BHT มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.01±0.005 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

ตาราง 1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Extract	EC_{50} values of DPPH radical scavenging activity (mg/ml)
Citrus aurantium var. aurantium Extract	0.17±0.006
BHT	0.01±0.005

ผลการทดสอบความปลอดภัย พบว่า อาสาสมัครที่ทาเทียนนวดตัว ร้อยละ 100 ไม่พบอาการผิดปกติบริเวณผิวหนังที่ทาต่ออาสาสมัครแต่อย่างใด ทำให้เชื่อได้ว่า สูตรนี้มีความปลอดภัยที่ไม่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังของอาสาสมัคร

ผลการใช้น้ำมันหอมระเหยส้มซ่าที่มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกในอาสาสมัครสุขภาพดี ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์กับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า

ตาราง 2 ผลของสัญญาณชีพ

สภาวะ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	P-value
ค่าความดันโลหิตตัวบน			
ขณะพัก	113.84	8.37	
ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์	113.17	8.68	0.156
ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า	119.87	8.96	0.000
ค่าความดันโลหิตตัวล่าง			
ขณะพัก	73.52	6.85	
ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์	73.40	6.78	0.067
ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า	78.02	5.83	0.000
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)			
ขณะพัก	81.41	6.78	
ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์	80.93	5.85	0.067
ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า	82.95	6.65	0.000

สภาวะ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	P-value
อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที)			
ขณะพัก	18.29	1.67	
ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์	18.22	1.59	0.161
ขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า	18.35	0.64	0.142

ค่าความดันโลหิตตัวบนขณะพักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 113.84±8.37 มิลลิเมตรปรอท ค่าความดันโลหิตตัวบนหลังได้รับกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 113.17±8.68 มิลลิเมตรปรอท และค่าความดันโลหิตตัวบนหลังได้รับกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 119.87±8.96 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเทียบค่าระหว่างขณะพักกับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.156 แต่เมื่อเทียบค่าระหว่างขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่ากับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.000

ค่าความดันโลหิตตัวล่างขณะพักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.52±6.85 มิลลิเมตรปรอท ค่าความดันโลหิตตัวล่างหลังได้รับกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.40±6.78 มิลลิเมตรปรอท และค่าความดันโลหิตตัวล่างหลังได้รับกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.02±5.83 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเทียบค่าระหว่างขณะพักกับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.067 แต่เมื่อเทียบค่าระหว่างขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่ากับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.000

ค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.41±6.78 มิลลิเมตรปรอท ค่าอัตราการเต้นของหัวใจหลังได้รับกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.93±5.85 มิลลิเมตรปรอท และค่าอัตราการเต้นของหัวใจหลังได้รับกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 82.95±6.65 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเทียบค่าระหว่างขณะพักกับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.067 แต่เมื่อเทียบค่าระหว่างขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่ากับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.000

ค่าอัตราการหายใจขณะพักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.29±1.67 มิลลิเมตรปรอท ค่าอัตราการหายใจหลังได้รับกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.22±1.59 มิลลิเมตรปรอท และค่าอัตราการหายใจหลังได้รับกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.35±0.64 มิลลิเมตรปรอท เมื่อเทียบค่าระหว่างขณะพักกับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.161 และเมื่อเทียบค่าระหว่างขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่ากับขณะสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์ พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.142

ตาราง 3 ผลของอารมณ์ความรู้สึก

อารมณ์ความรู้สึก	อัลมอนด์		ส้มซ่า		P-value
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	
รู้สึกดี	15.05	7.81	56.90	6.43	<0.05
รู้สึกไม่ดี	55.10	1.41	5.15	1.93	<0.05

อารมณ์ความรู้สึก	อัลมอนด์		ส้มซ่า		P-value
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	
รู้สึกกระปรี้กระเปร่า	35.85	4.38	42.30	4.84	<0.05
รู้สึกเฉื่อยชาง่วงซึม	57.15	2.60	3.50	0.83	<0.05
รู้สึกสดชื่น	4.40	0.60	65.70	3.63	<0.05
รู้สึกผ่อนคลาย	17.80	1.24	41.55	3.50	<0.05
รู้สึกเครียด	12.75	1.77	1.55	1.73	<0.05
รู้สึกอึดอัด	30.15	1.53	0.40	0.50	<0.05
รู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ	11.40	1.10	11.70	1.08	0.117
รู้สึกหงุดหงิด	5.55	1.47	0.25	0.44	<0.05
รู้สึกจิตใจสงบนิ่ง	13.90	1.65	39.95	3.17	<0.05
รู้สึกรังเกียจขยะแขยง	18.50	1.67	0.30	0.47	<0.05

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ของอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัคร หลังสูดดมกลิ่น น้ำมันอัลมอนด์ และหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า มีค่าเฉลี่ยอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัครหลังสูดดมกลิ่น พบว่า หลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า อาสาสมัครมีความรู้สึกดี รู้สึกกระปรี้กระเปร่า รู้สึกสดชื่น รู้สึกผ่อนคลาย รู้สึกจิตใจสงบนิ่ง เพิ่มมากขึ้น และส่วนความรู้สึกไม่ดี รู้สึกเฉื่อยชาง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด รู้สึกหงุดหงิด รู้สึกรังเกียจขยะแขยงลดลง เมื่อเทียบกับหลังการสูดดมกลิ่นน้ำมันอัลมอนด์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ส่วนความรู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.117

ตาราง 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความปวด คอ บ่า ไหล่ การนวดไทยราชสำนักร่วมกับการใช้เทียนหอมนวดตัวน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า (กลุ่มทดลอง N=50)

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	P-value
ระดับความปวด			
ก่อนทดลอง	5.24	1.00	
หลังทดลอง	4.88	0.90	0.000
ค่าความตึงตัวกล้ามเนื้อ			
ก่อนทดลอง	59.60	1.31	
หลังทดลอง	59.78	1.17	0.002

ในการทดสอบการนวดไทยราชสำนักร่วมกับการใช้เทียนหอมนวดตัวน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า พบว่า ระดับความเจ็บปวดของอาสาสมัครลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.000 และค่าความตึงตัวของกล้ามเนื้อส่วนบนของอาสาสมัคร

ที่วัดด้วยเครื่อง tissue hardness meter and algometer พบว่า กล้ามเนื้อมีการคลายตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.002

น้ำมันหอมระเหยส้มซ่าพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งช่วยส่งผลการต้านอนุมูลอิสระในร่างกายและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกได้นั้น ในการนำน้ำมันหอมระเหยส้มซ่ามาพัฒนาเป็นเทียนนวดตัวเพื่อช่วยส่งเสริมการรักษาและฟื้นฟูส่งเสริมสุขภาพด้วย ซึ่งนอกจากน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าจะมีกลิ่นที่มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติทั้งอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลที่ให้การไหลเวียนเลือดในร่างกายเพิ่มขึ้น และกลิ่นของส้มซ่ายังช่วยให้รู้สึกผ่อนคลาย รู้สึกดี รู้สึกกระปรี้กระเปร่า รู้สึกสดชื่น รู้สึกผ่อนคลาย รู้สึกจิตใจสงบนิ่ง เพิ่มขึ้นอีกด้วย โดยจะช่วยในเรื่องของสาเหตุของการก่อโรคหรืออาการออฟฟิศซินโดรม (office syndrome)

จากการพัฒนาการใช้กลิ่นเพื่อช่วยปรับอารมณ์ความรู้สึก ด้วยการทำเป็นเทียนหอม และยังสามารถใช้เป็นน้ำมันนวดตัวที่ได้จากการละลายเทียนอีกด้วย ซึ่งได้ผลการทดสอบด้วยอาสาสมัครได้ผลช่วยการลดการตึงตัวของกล้ามเนื้อสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดุษฎี อุดมอิทธิพงศ์ และคณะ [12] ที่ได้รวมร่วมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการศึกษาน้ำมันหอมระเหยต่อการทำงานของระบบประสาท ความรู้สึกทางอารมณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลการใช้น้ำมันหอมระเหยส้มซ่า [13, 14] ที่ส่งผลให้ผ่อนคลาย ช่วยบำบัดรักษาความวิตกกังวล ซึมเศร้าและนอนไม่หลับ รวมไปถึงการอักเสบด้วย อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติให้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่ออารมณ์และความรู้สึกของอาสาสมัครด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแสงสิทธิ์ กฤษฎี และคณะ ที่ได้ศึกษาผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยแฝกหอม

และเมื่อพิจารณาการใช้นำมันหอมระเหยร่วมกับการนวด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสลิลทิพย์ กุลศิลารักษ์ และคณะ ที่ได้ศึกษาผลของการใช้น้ำมันนวดจากสารสกัดแฝกหอมร่วมกับการนวดไทยแบบราชสำนัก ต่อการรักษาความตึงตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน

สรุปผล

การใช้น้ำมันนวดที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยส้มซ่าสามารถช่วยให้กลุ่มคนที่มีอาการกล้ามเนื้อคอ บ่า ไหล่ หรือออฟฟิศซินโดรม (office syndrome) ด้วยการวัดจากค่าความเจ็บปวดและค่าความตึงตัวของกล้ามเนื้อทำให้เห็นได้ว่ามีส่วนช่วยในการรักษาที่ได้ผลจากการร่วมกับการนวดและการใช้น้ำมันนวดที่มีส่วนผสมของนำมันหอมระเหยส้มซ่า

เปลือกผลส้มซ่าที่นำมาใช้ในรูปแบบน้ำมันหอมระเหยส้มซ่า มีผลต่อร่างกายของมนุษย์ ที่ระบบประสาทอัตโนมัติรวมไปถึงระบบกล้ามเนื้อ ซึ่งจากการศึกษาใช้ร่วมกับการนวดไทยแบบราชสำนักโดยใช้ในรูปแบบเทียนนวดตัวเพื่อให้ส่งผลต่ออารมณ์ความรู้สึก ทำให้ผลของการใช้เทียนหอมนวดตัวส้มซ่าส่งผลต่อค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ อารมณ์ความรู้สึก และผลช่วยให้กล้ามเนื้อหลังส่วนบนคลายตัว

ในการศึกษานี้มีข้อจำกัดแบบแผนการวิจัยที่เป็นแบบการวิจัยกลุ่มเดียว (one-group with pretest and post-test design) และปราศจากกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบ ผลที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันนวดจึงไม่สามารถสรุปได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นเพื่อให้เกิดผลลัพธ์จากการวิจัยที่เด่นชัดขึ้นว่าหายปวดจากกการนวดหรือการใช้น้ำมันนวด ควรมีกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่บุคลากรของสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ วิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิทยาเขตสมุทรสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้การช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

1 Samart S. Diversity of citrus species. Kasetapirom Journal. 2566;9(38):25-7. Translated Thai References

2 Piyayodilokchai H, Kampusiripong A, Sawatmuang M, Chandrapas T. Stress and Stress Coping of Business Information Technology Students of Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Bophit Phimuk Chakkrawat. Rajamangala University of Technology Rattanakosin; 2558. Translated Thai References. Translated Thai References

3 Kritsadee S, Assavapanyaporn S, Kunsilarak S. The effects of essential oil from roots of *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash inhalation on emotional states autonomic nervous system. EAU Heritage J Sci Technol [Internet]. 2023;17(3):95-103. Available from: https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/262099

4 Kunsilarak S, Kritsadee S, Assavapanyaporn S. The effects of massage oil from *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash extract with Court-Type Thai traditional massage in myofascial pain syndrome. EAU Heritage J Sci Technol [Internet]. 2023;17(3):117-26. Available from: https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/262208

5 Aschariyaphotha W, Suktanarak, S, Aschariyaphotha B. Preliminary Study on Antioxidant in Bitter Orange (Citrus aurantium L.) Juice Cultivated in Green Farm at Khlong Ha Subdistrict, Khlong Luang District, Pathum Thani Province. Agricultural Sci J. 2021;52(1 Suppl):205-8. Translated Thai References

6 Watcharananant W, Puttongsiri T, Huangrak K. Aroma Compounds in Citrus aurantium var. aurantium Peel from Different Extraction Methods. KMAJ [internet]. 2020 Mar. 31 [cited 2025 Aug. 8];38(1):16-23. available from: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/article/view/240984 Translated Thai References

7 Elhawary EA, Nilofar N, Zengin G, Eldahshan OA. Variation of the essential oil components of Citrus aurantium leaves upon using different distillation techniques and evaluation of their antioxidant, antidiabetic, and neuroprotective effect against Alzheimer's disease. BMC Complement Med Ther. 2024;24(1):73. doi: 10.1186/s12906-024-04380-x.

8 Sirinawin J and Wannasang S. Clinical skills. 6 editions. Bangkok: Folk Doctor Foundation; 2545. Translated Thai References

9 Kritsadee S, Fakkham S, Sangvichien S, Sayorwan V. Effects of Nam Prung Product in Suan Sunandha Palace (Vassana Scented Water) inhalation on autonomic nervous system. Thai Pharm Health Sci J. 2022;17(3):273-7. Translated Thai References

10 Sayorwan V. Effects of volatile of Buddha's fingers on autonomic nervous system and moods [report]. Nonthaburi: Kanchanabhisek Institute of Medical and Public Health Technology; 2013. Translated Thai References

11 Ivens U, Serup K, O'goshi K. International Contact Dermatitis Research Group (ICDRG) Allergy patch test reading from photographic images: disagreement on ICDRG grading but agreement on simplified tripartite reading. Skin Res Technol. 2007;13(1):110-3. DOI: 10.1111/j.1600-0846.2007.00232.x

12 Udomittipong D, Kaewyot K, Yootin K. Essential oil on the nervous system and emotional feelings: Review article. J Somdet Chaopraya Inst Psychiatry. 2019;12(2):48-62. Available from: https://he01.tci-thaijo.org/index.php/journalsomdetchaopraya/article/view/188540 Translated Thai References

13 Rodglin C, Srisook E, Srisook K. Effects of Extraction Conditions on Total Phenolic Content, Total Flavonoid Content and Antioxidant Activities of Different Parts of *Citrus aurantium* L. Burapha Science journal. 2017;22(1):211-225. Translated Thai References

14 Aschariyaphotha W, Suktanarak S, Aschariyaphotha B. Preliminary Study on Antioxidant in Bitter Orange (*Citrus aurantium* L.) Juice Cultivated in Green Farm at Khlong Ha Subdistrict, Khlong Luang District, Pathum Thani Province. Agricultural Sci J. 2564;52(1 Suppl):205-208. Translated Thai References

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึก

Effects of Inhaling Different Essential Oils on Autonomic Nervous System and Emotional States

รุจิรา มะธิปิไข[1] สุภลักษณ์ โคตรชัย[1] และ กันย์ชิสา นาคเสน[1*]
Rujira Mathipikhai[1], Suphalak Kotchai[1] and Kanchisa Naksen[1*]
[1]*คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา*
[1]*Faculty of Public Health, Chalermkarnchana University*
*Corresponding author email: kanchisa0204@gmail.com

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
24 มิถุนายน 2568	18 สิงหาคม 2568	3 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง วัตถุประสงค์เปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความดันโลหิต อัตราการหายใจ และระดับอารมณ์ ก่อนและหลังการสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี ของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบบันทึกข้อมูลสุขภาพ แบบบันทึกสัญญาณชีพ และแบบบันทึกอารมณ์ความรู้สึก สถิติที่ใช้ ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ Paired t-test ผลการวิจัยพบว่า อาสาสมัครส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 97.14 อายุอยู่ในช่วง 20 ปี ร้อยละ 65.71 การสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิมีผลทำให้การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ค่าความดันโลหิตตัวล่างเพิ่มขึ้น (M=78.20, S.D.= 8.28) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และพบว่าการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี ดอกกุหลาบ และดอกมะลิ มีผลทำให้รู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ รู้สึกสดชื่น และรู้สึกสงบนิ่ง มีสมาธิเพิ่มขึ้น ส่วนความรู้สึกหงุดหงิด รู้สึกเครียด และรู้สึกอึดอัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ดังนั้น สรุปได้ว่าการสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี ดอกกุหลาบ และดอกมะลิ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ความรู้สึก ซึ่งการศึกษานี้สามารถนำไปต่อยอดเพื่อใช้ในการรักษาทางเวชกรรมไทยและหัตถเวชกรรมไทยได้ เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมสุขภาพ และควรพิจารณานำไปใช้ร่วมในการบำบัดทางการแพทย์ต่อไป

คำสำคัญ: อารมณ์ความรู้สึก, ระบบประสาทอัตโนมัติ, น้ำมันหอมระเหย

Abstract

This quasi-experimental research aimed to compare the functions of the autonomic nervous system heart rate, blood pressure, respiratory rate and emotional states before and after inhalation of Jasmine, Rose, and Michelia alba essential oils among 35 students from the Faculty of Nursing and the Faculty of

Public Health, Chalermkarnchana University. The research instruments were a demographic data form, a vital signs record form, and an emotional state record form. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and paired t-test. The results showed that most participants were female (97.14%) and 20 years old (65.71%). Inhaling Jasmine essential oil significantly ($p < 0.05$) increased diastolic blood pressure (M = 78.20, S.D. = 8.28). Inhalation of Michelia alba, Rose, and Jasmine essential oils was also found to influence emotional states, resulting in increased feelings of romantic arousal, refreshment, calmness, and concentration, while irritation, stress, and discomfort significantly decreased ($p < 0.05$).

In conclusion, inhalation of Michelia alba, Rose, and Jasmine essential oils has significant effects on emotional states. This study can be further developed for application in Thai traditional medicine and Thai massage as a guideline for health promotion and as a complementary therapy in medical practice

Keywords: emotions, autonomic nervous system, Essential Oil

บทนำ

สุคนธบำบัด (Aromatherapy) การบำบัดด้วยกลิ่นหอมจากน้ำมันหอมระเหยเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง สามารถผ่อนคลายอารมณ์ และช่วยบรรเทาความเครียดที่มีการใช้กันมาอย่างช้านาน มีกลิ่นเฉพาะตัว เนื่องจากมีความปลอดภัย สะดวก สามารถใช้ได้หลากหลายวิธีทั้งการสูดดม ทา นวด หรือใช้อุปกรณ์พ่นไอน้ำ [1] เมื่อมีการสูดดมน้ำมันหอมระเหย โมเลกุลที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหยจะผ่านโพรงจมูกเข้าไปจับกับตัวรับกลิ่นที่อยู่ภายในจมูก เกิดการส่งสัญญาณประสาทการดมกลิ่นและมีการเชื่อมต่อโดยตรงไปยัง Limbic system ในสมอง [2] บริเวณสมองส่วนนี้มีหน้าที่สำคัญเกี่ยวข้องกับอารมณ์ การรับรู้ความรู้สึก เมื่อสมองส่วน Limbic system ถูกกระตุ้นด้วยโมเลกุลในน้ำมันหอมระเหยจะส่งผลให้มีการหลั่งสารสื่อประสาท เช่น Serotonin, Endorphin และ Norepinephrine [2-3] นอกจากนี้โมเลกุลของน้ำมันหอมระเหย บางส่วนยังไปจับกับตัวรับที่บริเวณ Hypothalamus ในสมอง ทำให้เกิดการหลั่งของสารสื่อประสาทบางชนิดที่ไปมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายเพิ่มมากขึ้น [3] การดมกลิ่นนำมาประยุกต์ในการบำบัดอารมณ์ ช่วยบรรเทาความทุกข์ทางกาย และจิตใจ เพื่อความสุข รวมถึงการใช้เพื่อผ่อนคลาย ลดความเครียด ความวิตกกังวล ทั้งในรูปแบบของการแพทย์ทางเลือก [1,3] โดยจะมีความหอมเฉพาะตัวนี้ เป็นความหลากหลายที่เกิดจากองค์ประกอบทางพฤกษเคมีที่แตกต่างกัน และกลิ่นต่างกันนี้เองมีผลต่อสุขภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งในประเทศไทยพบดอกไม้หลายชนิดที่สามารถนำมาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหยได้ เช่น กุหลาบ มะลิ จำปี จำปา กระดังงา ลีลาวดี และโมก เป็นต้น

จากการศึกษาน้ำมันหอมระเหยดอกจำปีต่ออารมณ์ความรู้สึกและสรีรวิทยา โดยวัดระดับอารมณ์ด้วยวิธีการสูดดมน้ำมันหอมระเหยจำปี หรือสูดดมน้ำมันหอมระเหย เป็นเวลา 2 นาที พัก 30 วินาที และทำซ้ำจนครบ พบว่าลด Low frequency / High frequency ratio ของความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจ และกระตุ้นความรู้สึกตื่นตัวได้ [3] นอกจากนี้มีการศึกษาการสูดดมกลิ่นว่านมหาหงส์ต่อประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต อัตราการหายใจ และอารมณ์ความรู้สึก ด้วยเครื่อง Mutti-Para Meter Patient Monitor รุ่น 700 ใช้ถังออกซิเจน และหน้ากากออกซิเจน พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีผลทำให้การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ คือ อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และพบว่าการสูดดมกลิ่นน้ำมันดอกว่านมหาหงส์มีผลทำให้มีความรู้สึกดี รู้สึกผ่อนคลาย รู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ รู้สึกจิตใจสงบนิ่งเพิ่มมากขึ้น ส่วนความรู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด รู้สึกหงุดหงิด และรู้สึกรังเกียจขยะแขยงลดลงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 [4] ยังมีรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยสามารถกระตุ้นการตื่นตัว และด้านอารมณ์สงบนิ่ง

ผ่อนคลาย มีผลต่ออารมณ์ และทางสรีรวิทยา เกิดความรู้สึกสบายใจ [3,5-6] ในขณะที่ชาวกรีกและโรมันใช้น้ำมันหอมระเหยจากกลีบกุหลาบเพื่อช่วยผ่อนคลาย และลดอาการซึมเศร้า มีการรายงานการใช้น้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนผสมของมะลิ (Jasmine Oil) และน้ำมันหอมระเหยดอกส้ม (Neroli Oil) มาใช้ในการบำบัดทางจิต ผู้ที่มีความเครียด และความวิตกกังวล [5-6] ซึ่งนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ เป็นนักศึกษาในด้านวิชาชีพ มีความกังวลทั้งการเรียนการสอน เจอความเครียด และความกดดัน ในการปรับตัวในการเรียนเฉพาะทางทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ และการฝึกประสบการณ์ทางวิชาชีพทางการพยาบาล มีระดับความเครียดโดยรวมอยู่ใน ระดับปานกลาง (Mean= 3.38, SD = 0.55) [8-9] นอกจากนี้ยังพบปัจจัยต่างๆ เช่น ด้านครอบครัว ด้านสุขภาพ ด้านบุคลิกภาพ และด้านการเงิน ซึ่งความรู้สึกต่าง ๆ เหล่านี้เก็บสะสมไว้นาน ๆ อาจจะแสดงออกมานรูปแบบความเครียดได้ [8-10]

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาประสิทธิผลของการสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี สกัดจากธรรมชาติต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและความรู้สึกทางอารมณ์ ในนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา เพื่อต่อยอดในการใช้ร่วมการรักษาทางเวชกรรมไทย และหัตถเวชกรรมไทยได้ เพื่อลดอาการนอนไม่หลับ เพิ่มความผ่อนคลาย ลดความเครียด และให้รู้สึกสบายตัวมากขึ้น เป็นแนวทางส่งเสริมสุขภาพเพื่อให้เกิดความผ่อนคลายทั้งทางร่างกายและจิตใจควบคู่กัน นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ และส่งเสริมสมุนไพรในท้องถิ่นเพื่อใช้ดูแลสุขภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี ต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความดันโลหิต และอัตราการหายใจ ของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา
2. เพื่อศึกษาผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี ต่ออารมณ์ความรู้สึกของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research) มีรูปแบบการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ซึ่งการทดสอบดำเนินการภายในวัน ชนิด 1 กลุ่ม คือ วัดก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest - Posttest Design) การสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี โดยอาสาสมัครยินยอมเข้าร่วมวิจัย โดยวิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ศึกษาระหว่าง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2568

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา อายุตั้งแต่ 18 – 25 ปี จำนวน 406 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ อาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 35 คนที่ยินยอมเข้าร่วมวิจัย ที่ศึกษาอยู่คณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา อายุตั้งแต่ 18 – 25 ปี [4] โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามคุณสมบัติดังต่อไปนี้

<u>เกณฑ์คัดเข้า</u>

1. อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ และลงนามในเอกสารยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวอย่างเต็มใจ

2. มีสัญญาณชีพอยู่ในระดับปกติ ได้แก่ ความดันโลหิตอยู่ในระดับปกติ อาสาสมัครจะต้องมีค่าความดันโลหิตตัวบนน้อยกว่า 140 มิลลิเมตรปรอท และค่าความดันโลหิตตัวล่าง น้อยกว่า 90 มิลลิเมตรปรอท อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าระหว่าง 60-100 ครั้ง/นาที และอัตราการหายใจมีค่าระหว่าง 16-20 ครั้ง/นาที และ มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในระดับปกติไม่เกิน 23.00 [3]

3. ไม่สูบบุหรี่หรือเลิกบุหรี่ไม่ต่ำกว่า 1 ปี เพราะการสูบบุหรี่มีผลต่อการรับกลิ่น

4. อาสาสมัครต้องไม่มีประวัติการแพ้น้ำหอม หรือน้ำมันหอมระเหย ไม่มีประวัติแพ้ยาหรือผลิตภัณฑ์พลาสติก

5. อาสาสมัครไม่อยู่ระหว่างได้รับยาคลายเครียด หรือยาที่มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติ

<u>เกณฑ์คัดออก</u>

1. กลุ่มตัวอย่างขอถอนตัวออกจากการวิจัย

2. วันที่ทำการทดลอง อาสาสมัครพักผ่อนไม่เพียงพอรู้สึกง่วงนอน และอ่อนเพลียในช่วงก่อนเริ่มการวิจัย

3. รับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่มีสารคาเฟอีน เช่น ชา กาแฟ เครื่องดื่มชูกำลัง และแอลกอฮอล์ ฯลฯ ในวันที่เข้าร่วมวิจัย เนื่องจากอาหารและเครื่องดื่มที่มีสารคาเฟอีน ทรีโอฟิลลิน มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติ

4. กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถดมกลิ่นได้ตามระยะเวลาที่กำหนด มีอาการแพ้ อึดอัด แน่นหน้าอกขณะสูดดมกลิ่น หรือขอถอนตัวออกจากงานวิจัย [4]

5. ผู้เข้าร่วมเป็นเพศหญิง ต้องไม่อยู่ในช่วงของการมีประจำเดือนในวันที่เข้าร่วมการวิจัย เนื่องจากผู้มีประจำเดือนมีการรับกลิ่นลดลง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.1 น้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ น้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ น้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบ และน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี สกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำบรรจุด้วยขวดสีชา ระบุน้ำมันหอมระเหย 100% จากบริษัท สวัสดี คอมเมิรซ์ คอนเน็ก จำกัด จังหวัดกรุงเทพมหานคร

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ได้แก่ เครื่องวัดสัญญาณชีพ รุ่น HEM-8712 Blood Pressure Monitor ผ้าปิดตา หูฟัง เก้าอี้ และขวดสีชา ขนาด 20 มิลลิลิตร

2. สถานที่ห้องแยกสะอาดแบ่งเป็นสัดส่วนที่ชัดเจน เงียบ แสงสว่างเพียงพอ อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส ความชื้นในห้อง 40-60%

3. บันทึกข้อมูลการทดลอง

3.1 เครื่องมือในการคัดกรองอาสาสมัคร

1) เครื่องมือในการคัดกรองอาสาสมัครเข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย แบบคัดกรองสุขภาพเบื้องต้น เป็นแบบสอบถามเลือกตอบ จำนวน 5 ข้อ และแบบวัดความเครียดสวนปรุง โรงพยาบาลสวนปรุง กรมสุขภาพจิต โดยมีระดับความเครียดที่ 0–62 คะแนน (ความเครียดระดับปานกลางมีระดับคะแนน 21-41 ขึ้นไป ถึงผ่านเป็นอาสาสมัครในครั้งนี้) [11]

2) ข้อมูลด้านสุขภาพ ได้แก่ โรคประจำตัว สิ่งที่เคยแพ้ การประสบอุบัติเหตุที่ร้ายแรง ปัญหาการดมกลิ่น ปัญหาสุขภาพจิต ข้อมูลการดื่มสุรา และสูบบุหรี่ ค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ เป็นแบบสอบถามชนิดเลือกตอบ และเติมคำ จำนวน 10 ข้อ

3.2 เครื่องมือในการบันทึกผลการทดลอง

1) ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง เป็นแบบสอบถามเติมคำที่สร้างขึ้นโดยผู้วิจัย จำนวน 4 ข้อ และบันทึกการประเมินสัญญาณชีพ ได้แก่ ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ เวลา 0 และ 2 นาที

2) แบบประเมินอารมณ์ความรู้สึก โดยพัฒนาจากการทบทวนวรรณกรรม ตามแบบ The Geneva Emotion and Odor Scale (GEOS) มีการเรียบเรียงและแปลภาษาไทย โดยวินัย สยอวรรณ [12] มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายปิด โดยมีข้อคำถามอารมณ์ความรู้สึก จำนวน 12 ข้อ ประกอบด้วยความรู้สึกทางบวก จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ รู้สึกดี รู้สึกกระปรี้ กระเปร่า รู้สึกสดชื่น รู้สึกผ่อนคลาย รู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ และรู้สึกสงบนิ่ง มีสมาธิ และความรู้สึกทางลบ จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ รู้สึกไม่ดี รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด รู้สึกหงุดหงิด และรู้สึกรังเกียจ ขยะแขยง

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามบันทึกอารมณ์ความรู้สึกของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาที่ต้องการศึกษาจากแบบสอบถาม โดยตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของภาษา และครอบคลุมแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence หรือ IOC) เท่ากับ 0.67-1.00 แบบประเมินอารมณ์ความรู้สึก มีทั้งหมด 12 ข้อ โดยให้อาสาสมัครขีดเส้นแสดงระดับอารมณ์ลงบนแส้นตรงซึ่งมีความยาว 10 เซนติเมตร ซึ่งแปลผลระดับอารมณ์ความรู้สึกเป็นหน่วยเซนติเมตร

ค่าความเชื่อมั่นแบบบันทึกอารมณ์ความรู้สึก การดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหย จำนวน 30 คน คือ กลุ่มนักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่คณะพยาบาลศาสตร์และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ เพื่อหาความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbac’s Alpha Coefficient) ได้ค่าเท่ากับ 0.849

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เสนอโครงการขอรับรองการทำวิจัยในมนุษย์ ณ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา
2. ติดป้ายเพื่อประชาสัมพันธ์เชิญชวนผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการ และคัดกรองข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครเพื่อให้ได้อาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตรงตามที่กำหนด
3. คณะผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอน ระเบียบวิธีการวิจัย และระยะเวลาการวิจัยแก่อาสาสมัคร พร้อมเซ็นยินยอมเข้าร่วมวิจัย ถ้าอาสาสมัครท่านใดมีความประสงค์จะออกจากการทดลองเพราะเหตุขัดข้องต้องแจ้งให้คณะผู้วิจัยทราบ คณะผู้วิจัยจะดำเนินการคัดออกจากวิจัยทันที
4. บันทึกอารมณ์ความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างก่อนรับกลิ่น และประเมินสัญญาณชีพ ได้แก่ ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ก่อนรับกลิ่น โดยใช้แบบสอบถามวิจัย
5. ให้อาสาสมัครสวมผ้าปิดตา และสวมหูฟังเพื่อป้องกันสิ่งรบกวน และแนะนำให้อาสาสมัครนั่งในท่าที่สบายหายใจในจังหวะปกติตลอดระยะเวลาการทดลอง
6. นำขวดสีชา ขนาด 20 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำมันหอมระเหยปริมาณ 10 มิลลิลิตร วางบริเวณใต้โพรงจมูกระยะห่างจากโพรงจมูก 3 เซนติเมตร นาน 2 นาที
7. อาสาสมัครให้คะแนนประเมินสภาพอารมณ์ตนเองภายหลังดมกลิ่น ร่วมกับการบันทึกการประเมินสัญญาณชีพ ได้แก่ ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ
8. หยุดพักการดมกลิ่นนาน 4 นาที
9. ดำเนินการเหมือนใน ข้อที่ 6-8 จนครบทุกกลิ่น
10. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม และนำข้อมูลเข้าสู่การวิเคราะห์ตามหลักการทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปวิเคราะห์ มีดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี โดยสถิติ Pair t-test กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยโปรแกรม SPSS V16.0

จริยธรรมวิจัย

ผู้วิจัยได้รับการอนุมัติการทำวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา (เลขที่รับรอง 031/2567 รับรองตั้งแต่วันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ.2567 ถึงวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ.2568)

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคลของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์และนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จำนวน 35 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 97.14 ส่วนใหญ่อายุ 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 65.71 น้ำหนักอยู่ในช่วง 40-50 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 42.86 และส่วนสูงอยู่ระหว่าง 150-160 เซนติเมตร ร้อยละ 71.42 ดังตารางที่ 1

2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี

จากการศึกษาการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ค่าความดันโลหิตตัวบน ค่าความดันโลหิตตัวล่าง อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์และนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จำนวน 35 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตตัวล่างภายหลังสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ค่าความดันโลหิตตัวบน อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ก่อนและหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ พบว่าไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามข้อมูลทั่วไป (n=35)

ข้อมูลส่วนบุคคล		จำนวน (n=35)	ร้อยละ (100)
1. เพศ			
	ชาย	1	2.86
	หญิง	34	97.14
2. อายุ (ปี)			
	18-19 ปี	4	11.43
	20-21 ปี	28	80.00
	22-23 ปี	2	5.71

ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน (n=35)	ร้อยละ (100)
24-25 ปี	1	2.86
3. น้ำหนัก (กิโลกรัม)		
40-50	15	42.86
51-60	20	57.14
4. ส่วนสูง (เซนติเมตร)		
150 – 160	25	71.43
161 - 170	9	25.71
>170	1	2.86

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ (n=35)

ระบบประสาทอัตโนมัติ	ก่อนดมกลิ่น		หลังดมกลิ่น		t-test	p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
ความดันโลหิตตัวบน	112.31	7.78	115.14	6.38	-1.817	0.08
ความดันโลหิตตัวล่าง	74.20	9.72	78.20	8.28	-2.163	0.04*
อัตราการเต้นของหัวใจ	81.77	7.58	81.97	5.10	-0.147	0.88
อัตราการหายใจ	20.6	1.29	20.37	0.65	0.914	0.37

*p <0.05

จากการศึกษาการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ค่าความดันโลหิตตัวบน ค่าความดันโลหิตตัวล่าง อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบ พบว่า ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตตัวบน ความดันโลหิตตัวล่าง อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบ (n=35)

ระบบประสาทอัตโนมัติ	ก่อนดมกลิ่น		หลังดมกลิ่น		t-test	p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
ความดันโลหิตตัวบน	111.66	6.54	111.97	8.17	-0.268	0.79
ความดันโลหิตตัวล่าง	74.49	7.77	74.74	9.23	-0.322	0.75
อัตราการเต้นของหัวใจ	80.20	6.67	80.71	6.51	-0.687	0.45
อัตราการหายใจ	20.6	1.26	20.63	1.21	-0.147	0.90

จากการศึกษาการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ค่าความดันโลหิตตัวบน ค่าความดันโลหิตตัวล่าง อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอก

จำปี พบว่า ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตตัวบน ความดันโลหิตตัวล่าง อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี (n=35)

ระบบประสาทอัตโนมัติ	ก่อนดมกลิ่น		หลังดมกลิ่น		t-test	p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
ความดันโลหิตตัวบน	112.57	6.53	113.29	7.48	-0.720	0.48
ความดันโลหิตตัวล่าง	76.23	8.85	77.54	8.77	-1.658	0.11
อัตราการเต้นของหัวใจ	81.89	6.12	82.06	4.49	-0.224	0.82
อัตราการหายใจ	20.54	1.36	20.37	0.81	1.139	0.29

3. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัคร ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี

จากการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัครขณะพักและภายหลังสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ พบว่ารู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด และรู้สึกหงุดหงิดลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ด้านรู้สึกดี รู้สึกกระปรี้กระเปร่า รู้สึกสดชื่น รู้สึกผ่อนคลาย รู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ รู้สึกสงบนิ่ง มีสมาธิ รู้สึกไม่ดี และรู้สึกรังเกียจ ขยะแขยง พบว่าไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัคร ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ (n=35)

ความรู้สึก	ก่อนดมกลิ่น		หลังดมกลิ่น		t-test	p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
1. รู้สึกดี	5.94	1.61	6.34	2.90	-0.729	0.471
2. รู้สึกกระปรี้กระเปร่า	4.74	1.46	4.77	2.84	-0.550	0.957
3. รู้สึกสดชื่น	4.74	1.96	5.46	2.65	-1.212	0.234
4. รู้สึกผ่อนคลาย	5.57	2.76	5.94	3.115	-0.541	0.592
5. รู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ	3.26	2.43	4.34	3.25	-1.691	0.100
6. รู้สึกสงบนิ่ง มีสมาธิ	4.77	1.57	5.23	3.30	-0.703	0.487
7. รู้สึกไม่ดี	1.60	1.29	1.00	1.88	1.558	0.128
8. รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม	3.66	2.38	1.77	2.46	3.357	0.002*
9. รู้สึกเครียด	3.31	2.21	1.34	2.11	3.503	0.001*
10. รู้สึกอึดอัด	2.37	1.93	0.57	1.22	6.101	0.000*
11. รู้สึกหงุดหงิด	2.97	1.89	0.97	2.11	3.944	0.000*
12. รู้สึกรังเกียจ ขยะแขยง	0.14	0.36	0.09	0.28	0.702	0.487

*$p < 0.05$

จากการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัครขณะพักและภายหลังสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบ พบว่าความรู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจเพิ่มขึ้น รู้สึกไม่ดี รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด และรู้สึกหงุดหงิดลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ด้านความรู้สึกดี รู้สึกกระปรี้กระเปร่า รู้สึกสดชื่น รู้สึกผ่อนคลาย รู้สึกสงบนิ่ง มีสมาธิ และรู้สึกรังเกียจ ขยะแขยง พบว่าไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัคร ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบ (n=35)

ความรู้สึก	ก่อนดมกลิ่น		หลังดมกลิ่น		t-test	p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
1. รู้สึกดี	5.74	1.36	6.51	2.34	-1.700	0.990
2. รู้สึกกระปรี้กระเปร่า	4.66	1.98	4.69	259	-0.206	0.840
3. รู้สึกสดชื่น	4.77	2.40	5.86	2.91	-1.994	0.540
4. รู้สึกผ่อนคลาย	4.86	2.37	5.97	3.39	-1.643	0.110
5. รู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ	3.74	2.25	5.17	2.79	-2.852	0.007*
6. รู้สึกสงบนิ่ง มีสมาธิ	4.86	2.06	5.37	2.37	-0.897	0.376
7. รู้สึกไม่ดี	2.94	1.75	0.77	1.35	6.648	0.001*
8. รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม	4.14	2.24	1.86	2.87	4.232	0.001*
9. รู้สึกเครียด	3.29	2.52	1.54	2.33	2.801	0.008*
10. รู้สึกอึดอัด	2.66	2.29	0.71	1.27	4.499	0.001*
11. รู้สึกหงุดหงิด	3.43	2.59	0.66	1.28	6.502	0.001*
12. รู้สึกรังเกียจ ขยะแขยง	0.26	0.66	0.09	0.37	1.291	0.205

*$p < 0.05$

จากการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัครขณะพักและภายหลังสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี พบว่าความรู้สึกดี รู้สึกสดชื่น และรู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจเพิ่มขึ้น รู้สึกไม่ดี รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด และรู้สึกหงุดหงิดลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ความรู้สึกกระปรี้กระเปร่า รู้สึกผ่อนคลาย รู้สึกสงบนิ่ง มีสมาธิ และรู้สึกรังเกียจ ขยะแขยง พบว่าไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอารมณ์ความรู้สึกของอาสาสมัคร ขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี (n=35)

ความรู้สึก	ก่อนดมกลิ่น		หลังดมกลิ่น		t-test	p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
1. รู้สึกดี	6.46	1.90	7.49	2.48	- 2.286	0.029*
2. รู้สึกกระปรี้กระเปร่า	5.17	2.23	5.26	2.82	- 0.165	0.870
3. รู้สึกสดชื่น	5.51	2.66	6.80	2.96	- 2.452	0.019*
4. รู้สึกผ่อนคลาย	5.46	2.79	6.49	3.07	- 1.558	0.129
5. รู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ	3.43	2.73	5.06	3.18	- 2.242	0.032*

ความรู้สึก	ก่อนดมกลิ่น		หลังดมกลิ่น		t-test	p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
6. รู้สึกสงบนิ่ง มีสมาธิ	4.37	2.26	5.54	3.22	- 1.674	0.103
7. รู้สึกไม่ดี	1.86	1.77	0.71	1.34	3.625	0.001*
8. รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม	3.43	2.82	2.06	2.81	2.543	0.016*
9. รู้สึกเครียด	2.86	2.61	0.94	1.94	3.324	0.002*
10. รู้สึกอึดอัด	2.17	2.35	0.31	0.90	4.798	0.000*
11. รู้สึกหงุดหงิด	3.11	2.82	0.43	1.01	5.483	0.000*
12. รู้สึกรังเกียจ ขยะแขยง	0.09	0.51	0.00	0.00	1.000	0.324

*p <0.05

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี ต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 97.14 ส่วนใหญ่อายุ 20 ปี ซึ่งมีการศึกษาของสุทธาทิพย์ จับใจเหมาะ (2561) พบว่าความแตกต่างทางเพศด้านอารมณ์ โดยส่วนใหญ่เพศหญิงมีการรับรู้อารมณ์ และแสดงออกง่ายกว่าเพศชาย ซึ่งจะมีผลกระทบต่าง ๆ ร่วมด้วย คือ สิ่งแวดล้อม ฮอร์โมน และยีนส์ เป็นต้น [13] ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ควบคุมกลุ่มอาสาสมัคร ได้แก่ ช่วงของการมีประจำเดือนของเพศหญิงจะไม่ให้กลุ่มอาสาสมัครทดสอบการดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยและการไม่สูบบุหรี่ หรือเลิกบุหรี่ไม่ต่ำกว่า 1 ปี เนื่องจากมีการรับกลิ่นลดลง การดื่มเครื่องดื่มที่มีสารคาเฟอีน และรับยาคลายเครียดที่มีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติ จึงทำให้ความแตกต่างทางเพศไม่มีผลต่อการศึกษาครั้งนี้ [4, 6] และพบว่าน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยความดันโลหิตตัวล่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตตัวล่างภายหลังสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบและดอกจำปี ไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ค่าความดันโลหิตตัวบน อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ ก่อนและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบและดอกจำปี พบว่าไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของอำพล บุญเพียรและคณะ (2562) ที่พบว่าภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันดอกว่านมหาหงส์ (มีสารสำคัญ คือ linalool) ไม่มีผลต่อระดับความดันโลหิตตัวบน ค่าความดันโลหิตตัวล่าง และอัตราการการหายใจ [4] และสอดคล้องกับการศึกษาของธนพร อิสระทะ และคณะ (2566) พบว่าภายหลังบำบัดด้วยน้ำมันหอมระเหยจำปา และลาเวนเดอร์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ และระดับความดันโลหิต เช่นเดียวกัน [14] และพบว่าส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ความรู้สึก กล่าวคือ ภายหลังการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ พบว่ารู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด รู้สึกหงุดหงิดลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชนิดา โรจน์จำนงค์ และคณะ (2563) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ช่วยในการนอนหลับในผู้ป่วยที่ใช้สารกลุ่มแอมเฟตามีน มีฤทธิ์สงบประสาท และทำให้นอนหลับของกลุ่มอาสาสมัครได้ และพบว่าน้ำมันหอมระเหยมะลิมีผลทำให้ความรู้สึกกังวล รู้สึกมีอารมณ์พุ่งสูง ความรู้สึกกระแวง รู้สึกแย่ เครียด และรู้สึกระสับระส่ายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [15] สอดคล้องกับการศึกษาของกรองกานต์ จุสะปาโล (2553) ที่พบว่าหลังการสูดดมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นมะลิ กระดังงา และโมก ทำให้คุณภาพการนอนหลับสบาย ไม่มีความกังวลใจของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง คืนที่ 2 และ 3 ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ [16] สอดคล้องกับการศึกษาบาล์มจากสารสกัดดอกมะลิ สามารถเพิ่มคุณภาพการนอนหลับได้ดีขึ้นในกลุ่มผู้สูงอายุโดยสังเกตจากคะแนนคุณภาพการนอนหลับ (PSQI) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าสารสำคัญที่ทำให้มะลิมีกลิ่นเฉพาะ คือ linalool [17] และสอดคล้องกับการศึกษาการสูดดมน้ำมันหอมระเหยกลิ่นลาเวนเดอร์ ที่มีสารในกลุ่ม linalool ของผู้ป่วยสูงอายุในหอผู้ป่วยเรื้อรัง พบว่า

ผู้สูงอายุสามารถปรับคุณภาพการนอนหลับได้ดีขึ้น เกิดการผ่อนคลายและสงบ ภายหลังการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหย [18] ดอกมะลิทางแพทย์แผนไทย เป็นยารสหอมเย็น มีสรรพคุณบำรุงหัวใจ ดับพิษร้อน ทำจิตใจให้ชุ่มชื่น และผ่อนคลาย [7] เมื่อกลุ่มอาสาสมัครนั่งเฉย ทำจิตใจสงบ หรือทำสมาธิ พร้อมกับได้กลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหยรู้สึกไม่ดี รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด และรู้สึกหงุดหงิดครั้งนี้ลดลงได้

จากการศึกษาเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ความรู้สึกในขณะพักและภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบ พบว่ารู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจเพิ่มขึ้น รู้สึกไม่ดี รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด และรู้สึกหงุดหงิดลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Daglia et al. (2019) ที่พบว่าหลังการสูดดมน้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบ มอญสามารถช่วยลดความวิตกกังวล หรืออาการไม่สบายใจได้ก่อนการผ่าตัดของผู้ป่วยได้ [20] สอดคล้องกับการศึกษาของ Bastani et al. (2020) พบว่าภายหลังการสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยกุหลาบ มีความรู้สึกดี มีความสุขและเบิกบานมากขึ้น นอกจากนี้มักใช้ในผู้ป่วยกลุ่มโรคไต โรคหัวใจ ผู้ป่วยที่เตรียมตัวผ่าตัด ผู้ป่วยที่จะส่องกล้องกระเพาะอาหาร และผู้สูงอายุ เป็นต้น เพื่อลดอาการเครียด หรือวิตกกังวล ไม่สบายใจ และอารมณ์ไม่ดี [21] และพบว่ากลิ่นของดอกกุหลาบสามารถลดความวิตกกังวล ภาวะซึมเศร้า และความเครียดในสตรีหลังคลอดได้ [22] สอดคล้องกับการศึกษาของ Xia et al. (2024) ที่พบว่าดอกกุหลาบมีสารในกลุ่ม flavonoids, volatile oils, aromatic compounds และ polyphenols มีคุณสมบัติลดอาการซึมเศร้า ความรู้สึกไม่ดี อึดอัด ลดความวิตกกังวล และความผิดปกติทางระบบประสาทได้ [23] และสามารถลดความวิตกกังวลในผู้ป่วยก่อนเข้ารับการผ่าตัดจมูกได้ [24] และสอดคล้องกับการศึกษาของ Dehkordi et al. (2017) ที่พบว่าภายหลังสูดดมน้ำมันหอมระเหยกุหลาบสามารถลดภาวะซึมเศร้า รู้สึกไม่ดี วิตกกังวล และความเครียดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [25]

จากการศึกษาเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ความรู้สึกในขณะพัก และภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี พบว่ามีความรู้สึกดี รู้สึกสดชื่น และรู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจเพิ่มขึ้น รู้สึกไม่ดี รู้สึกเฉื่อยชา ง่วงซึม รู้สึกเครียด รู้สึกอึดอัด และรู้สึกหงุดหงิดลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความรู้สึกดี หมายถึง ความรู้สึกที่เป็นสุข สบายใจ หรือพึงพอใจกับกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกจำปีที่ได้รับ มีความแตกต่างจากรู้สึกเคลิบเคลิ้มรัญจวนใจ หมายถึงความรู้สึกสบาย หลงใหล ลืมตัว หรือความรู้สึกบางอย่างจนแทบอยากหลับได้ [13] สอดคล้องกับการศึกษาของอนุช แซ่เล้า, และสุชาดา กรเพชรปาณี (2561) ที่พบว่าภายหลังสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี สามารถกระตุ้นความรู้สึกตื่นตัว โดยเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าที่ผิวหนัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถปรับสภาพอารมณ์ให้มีความรู้สึกสบายใจ และตื่นตัวได้ [3] สอดคล้องกับการศึกษาของ ธนพร อิสระทะ และคณะ (2566) พบว่าภายหลังสูดดมน้ำมันหอมระเหยจำปา (*M. alba*) สามารถลดความวิตกกังวล ความเครียด ความรุนแรงของการนอนไม่หลับและคุณภาพการนอนหลับของผู้สูงอายุได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [14] ขณะที่พืชที่มีกลิ่นหอมที่มีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นสารลินาลูออล (Linalool) ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยให้ผ่อนคลายต้านความเครียด และช่วยส่งเสริมการนอนหลับ ได้แก่ จำปี จำปา สายหยุด จำปาขาว และจันทน์กะพ้อ เป็นต้น [14] สอดคล้องกับการศึกษาของ Saqib et al. (2018) พบว่ากลุ่มที่บำบัดด้วยน้ำมันหอมระเหยจำปา (*M. Champaca*) มีระดับความวิตกกังวล ระดับความเครียด และระดับความรุนแรงการนอนไม่หลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ [26] และสอดคล้องกับการศึกษาของ Dobrek & Głowacka (2023) พบว่ามีการนำสารสกัดเปลือกแมกโนเลีย ผสมกับสารสกัดพริกไทยดำ ผลิตเป็นยาต้านอาการซึมเศร้าได้ สามารถช่วยทำให้นอนหลับ และอารมณ์ดี บรรเทาอาการความเหนื่อยล้า และความเครียดได้ [27] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ ธนพร อิสระทะ และคณะ (2566) พบว่าในช่วงวันแรก ๆ กลุ่มอาสาสมัครเมื่อภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยลาเวนเดอร์ จะมีอาการมึนศีรษะ และมีอาการอาเจียนเล็กน้อย เนื่องจากกลิ่นน้ำมันหอมระเหยลาเวนเดอร์มีกลิ่นค่อนข้างแรงแต่ยังสามารถใช้ต่อไปได้โดยไม่มีอาการดังกล่าวในวันถัดมา แต่เมื่อกลุ่มอาสาสมัครเมื่อภายหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหยจำปา พบว่าไม่มีอาการผิดปกติใด ๆ และเป็นกลิ่นที่สบาย ชวนทำให้นอนหลับ [14] ซึ่งอาจเป็นผลทำให้น้ำมันหอมระเหยดอกจำปี ซึ่งมีกลิ่นเฉพาะ หอมอ่อน เมื่อภายหลังการสูดดมจะทำให้กลุ่มอาสาสมัครอารมณ์ความรู้สึกดี มากกว่าดอกกุหลาบ และมะลิตามลำดับ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี และดอกมะลิมีสารสำคัญหลักเป็น Linalool [3,17] และน้ำมันหอมระเหยดอกกุหลาบมี

สารสำคัญ เป็น Geraniol [22] เมื่อสูดดมแล้วจะเกิดความสบายใจ และรู้สึกตื่นตัว มีการใช้อย่างแพร่หลายโดยการสูดดม หรือการฉีดพ่น สามารถลดความวิตกกังวล เพิ่มประสิทธิภาพในการนอนหลับ มีคุณภาพในการนอนหลับดีขึ้น โดยไม่มีผลข้างเคียงจากการสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี ดอกกุหลาบ และดอกมะลิ โดยน้ำมันหอมระเหยผ่านเข้าทางประสาทการรับกลิ่นของจมูก เมื่อสูดดมน้ำมันหอมระเหยผ่านเข้าไปเยื่อบุช่องจมูกเข้าสู่เยื่อรับรู้กลิ่น (Olfactory membrane) หลังจากนั้นโมเลกุลของน้ำมันหอมระเหยจะผ่านต่อไปยัง กระเปาะรับกลิ่น (Olfactory bulb) บริเวณนี้มีเซลล์ประสาทรับกลิ่นอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อโมเลกุลของน้ำมันหอมระเหย เคลื่อนที่มาถึงเซลล์ประสาทรับกลิ่นแล้ว จะแปลสัญญาณเป็นสื่อประสาท หรือสัญญาณเคมีไฟฟ้า (Electro-chemical signals) ไปยังสมองส่วน limbic system หรือเรียกว่า smell brain ซึ่งควบคุมอารมณ์และความรู้สึก โดยมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์และความจำ และเชื่อมต่อโดยตรงกับสมองที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตการหายใจ ความจำ ระดับความเครียด และสมดุลฮอร์โมนให้กับระบบประสาทส่วนต่าง ๆ ได้จึงมีผลต่ออารมณ์ และจิตใจ เมื่อสมองส่วน limbic system ถูกกระตุ้นด้วยโมเลกุลน้ำมันหอมระเหยจะส่งผลให้มีการหลั่งสารสื่อประสาท ได้แก่ เอ็นดอร์ฟิน (Endorphin) สารเอนเซปฟาลีน (Encephaline) และสารเซโรโทนิน (Serotonin) ออกมา สารเอ็นดอร์ฟินช่วยลดความเจ็บปวด สารเอนเซปฟาลีนช่วยส่งเสริมให้มีอารมณ์ดี รู้สึกปลาบปลื้ม ในขณะเดียวกันจะช่วยลดความเจ็บปวดได้ด้วย และสารเซโรโทนินช่วยทำให้สงบ เยือกเย็น และผ่อนคลาย โดยโมเลกุลของกลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี ดอกกุหลาบ และดอกมะลิ ยังไปจับกับตัวรับที่สมองส่วนที่เรียกว่า ไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ทำให้สมองปลดปล่อยสารเคมี (Neurochemicals) บางชนิดออกมา ที่สามารถช่วยลดอาการเจ็บปวด ควบคุมความโกรธ และทำให้รู้สึกดีขึ้นเมื่อได้รับกลิ่นน้ำมันหอมระเหยดอกจำปี ดอกกุหลาบ และดอกมะลิได้ในครั้งนี้ [3,5-6,19]

สรุปผล

จากการศึกษาประสิทธิผลของการสูดดมน้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี ต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและความรู้สึก ของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จำนวน 35 คน มีผลต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ความดันโลหิต นอกจากนั้นยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ความรู้สึก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างขณะพักกับหลังสูดดมกลิ่นน้ำมันหอมระเหย ดอกจำปีมากที่สุด ดอกกุหลาบ และดอกมะลิตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปต่อยอดในการใช้ร่วมการรักษาทางเวชกรรมไทย และหัตถเวชกรรมไทยได้ เพื่อลดอาการนอนไม่หลับ เพิ่มความผ่อนคลาย และลดความเครียดได้ เป็นแนวทางส่งเสริมสุขภาพทั้งทางร่างกายและจิตใจควบคู่กัน นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ และส่งเสริมสมุนไพรในท้องถิ่นเพื่อใช้ดูแลสุขภาพตนเองได้ เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้ไม่มีกลุ่มควบคุม จึงอาจสรุปไม่ได้ชัดเจนว่าระบบประสาทอัตโนมัติ และอารมณ์ความรู้สึกเปลี่ยนไปมาจากปัจจัยอื่นที่มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น อุณหภูมิห้อง และการนั่งสงบ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดลองใช้น้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีจำนวนมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาใช้น้ำมันหอมระเหยดอกมะลิ ดอกกุหลาบ และดอกจำปี ที่มีการควบคุมตัวแปร เช่น อุณหภูมิหรือฤดูกาลของสมุนไพร เพื่อให้ผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
3. ควรมีการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการทำงานระบบประสาทส่วนกลาง เช่น การทำงานของคลื่นสมอง การหาสารสื่อประสาทต่างๆ เพื่อให้ครอบคลุมประสิทธิผลและมีข้อมูลยืนยันผลที่นำเชื่อถือมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารที่สนับสนุนการพัฒนางานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์ ที่เป็นกลุ่มอาสาสมัคร สละเวลาในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1 วณิชชา โตรักษา. ผลของสุคนธบำบัดต่อความเครียดและกระบวนการรู้คิด (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ. เชียงราย: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง; 2565.

2 ดุษฎี อุดมอิทธิพงศ์, กฤตนัย แก้วยศ และ เกยูรมาศ อยู่ถิ่น. น้ำมันหอมระเหยกับการทำงานของระบบประสาทและความรู้สึกทางอารมณ์: บทความฟื้นฟูวิชาการ. วารสารสถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จเจ้าพระยา. 2561; 12(2): 48-62.

3 อนุช แซ่เล้า และ สุชาดา กรเพชรปาณี. ผลของน้ำมันหอมระเหยดอกจำปีต่ออารมณ์ : การศึกษาอารมณ์ความรู้สึกและจิตสรีรวิทยา. วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา. 2561; 16(1): 150-62.

4 อำพล บุญเพียร, วรินทร เชิดชูธีรกุล, วินัย สยอวรรณ และ ฐิติภัทร ไพศรี. การศึกษาผลของการสูดดมน้ำมันดอกว่านมหาหงส์ต่อระบบประสาทอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึก. วารสารการพยาบาล การสาธารณสุขและการศึกษา. 2562; 20(2): 147-58.

5 ธัญญลักษณ์ อุทาทอง, ดุษฎี ศรีธาตุ, พงศธร ทองกระสี และ นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์. ประสิทธิผลของการสูดดมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรพื้นบ้านที่มีต่อความจำและอารมณ์ในนักศึกษา. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2565; 20(1): 29-40.

6 ดุษฎี ศรีธาตุ, วราพร เมืองซอง, พงศธร ทองกระสี และ นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์. ประสิทธิผลของการสูดดมน้ำมันหอมระเหยไพลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับภาวะทางอารมณ์ในผู้สูงอายุ. วารสารการพยาบาล สุขภาพและการศึกษา. 2566; 6(2): 28-39.

7 จตุพร อุ่นประเสริฐสุข, พงษ์ศักดิ์ เจริญงามเสมอ, พรรณี โรจนเบญจกุล, ทิพย์วารินทร์ เบ็ญจนิรัตน์, ศศิเพ็ญ ครุฑชั่งทอง และ จิรวัฒน์ สุดสวาท. การพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพรจากดอกมะลิเพื่อรองรับการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. วารสารการบริหารจัดการและนวัตกรรมท้องถิ่น. 2566; 5(8): 617-28.

8 นงลักษณ์ วิชัยรัมย์ และ วิมลพรรณ สิริกาญจนาทัศน์. ภาวะความเครียดของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา. วารสารวิชาการเฉลิมกาญจนา. 2560; 4(2): 107-16.

9 สุริยา ยอดทอง, นันทยา เสนีย์ และ จิรานุวัฒน์ ชาญสูงเนิน. ความเครียดและการเผชิญความเครียดของนักศึกษาพยาบาลในการขึ้นฝึกปฏิบัติงานบนหอ ผู้ป่วยรายวิชาปฏิบัติหลักการและเทคนิคการพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ตรัง. ใน: การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 , 20 กรกฎาคม 2561 มหาวิทยาลัยหาดใหญ่: หน้า 761-72.

10 รุ่งฤทัย บุญทศ, พิกุล แสวงสุข และ ศราวุฒิ แสงคำ. สาเหตุและการจัดการกับความเครียดของนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา ศรีสะเกษ. วารสารวิชาการเฉลิมกาญจนา. 2559; 3(2): 77-85

11 สุวัฒน์ มหัตนิรันดร์, วนิดา พุ่มไพศาลชัย และ พิมพ์มาศ ตาปัญญา. การสร้างแบบวัดความเครียดส่วนปรุง. วารสารโรงพยาบาลส่วนปรุง. 2540; 13(3): 1-20.

12 วินัย สยอวรรณ. ผลของน้ำมันหอมระเหยบางชนิดที่ใช้มากในประเทศไทยต่อสรีรวิทยาและอารมณ์ความรู้สึก (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต) กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2554.

13 สุทธาทิพย์ จับใจเหมาะ. ผลของความแตกต่างทางเพศและบุคลิกภาพในผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีต่อข้อความภาษาไทยและรูปภาพที่เร้าอารมณ์ด้านการตื่นตัว: การศึกษาเชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2561.

14 ธนพร อิสระทะ, ณฐวรท บุญรัตนา, ธีระพงค์ คงเกื้อ, กชกร สุขจันทร์, อินทนูจิตร และ ขวัญฤทัย อักษรวงศ์. เปรียบเทียบผลของน้ำมันหอมระเหยจำปากับลาเวนเดอร์ต่อระดับความวิตกกังวล ความเครียด ความรุนแรงของการนอนไม่หลับ และคุณภาพการนอนหลับของผู้สูงอายุตำบลท่าหิน อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต. 2566; 11(1): 67-77.

15 ชนิดา โรจน์จำนงค์, อรรถพล สุคนธาภิรมณ์ ณ พัทลุง และ ภัทรภรณ์ กินร. ผลของสุคนธบำบัดต่อความฝันที่เกี่ยวกับสารเสพติด: ความรู้สึก 9 ด้านและคุณภาพการนอนหลับในผู้ป่วยใช้สานแอมเฟตามีน. จุฬาลงกรณ์เวชสาร. 2563; 2(1): 3-14.

16 กรองกานต์ จุสะปาโล. ผลของโปรแกรมส่งเสริมการนอนหลับด้วยสุวคนธบำบัดร่วมกับเทคนิคหายใจผ่อนคลายต่อคุณภาพการนอนหลับของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล (วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2553.

17 กรุณา เจริญนวรัตน์, พรรณรวี ชัยสิทธิ์, ธัญญา แซ่ตั๊น และ ณัชมิญ แม่นปืน. การศึกษาผลของบาล์มจากสารสกัดดอกมะลิต่อคุณภาพการนอนหลับในผู้สูงอายุ (งานแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก). ฉะเชิงเทรา: โรงพยาบาลบ้านโพธิ์; 2562.

18 Hudson R. The value of lavender for rest and activity in the elderly patient. Complementary Therapies in Medicine. 1996; 4(1): 52-7.

19 Chien, Li-Wei, Cheng SL, Liu, CF. The effect of lavender aromatherapy on autonomic nervous system in midlife women with insomnia. Evid Based Complement Alternat Med. 2012; 2(3): 740813.

20 Daglia R, Avcu M, Metin M, Kiymaz S, Ciftci H. The effects of aromatherapy using rose oil (*Rosa damascena* Mill.) on preoperative anxiety: A prospective randomized clinical trial. Eur J Integr Med. 2019; 26: 37-42.

21 Bastani F, Kia PS, Haghani H. Effect of aromatherapy with damask rose (*Rosa damascena* Mill.) on anxiety in the elderly: open-labeled quasi-experimental placebo-controlled trial. Iran J Psychiatry Behav Sci. 2020; 14(4): e58064.

22 Baydar H, Baydar NG. The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (Rosa damascena Mill.). Industrial Crops and Products. 2005; 21(2): 251-5.

23 Xia N, Wang J, Guo Q, Duan J, Wang X, Zhou P, et al. Deciphering the antidepressant effects of Rosa damascena essential oil mediated through the serotonergic synapse signaling pathway. Journal of ethnopharmacology, J Ethnopharmacol. 2024; 328: 118007.

24 Ryouichi F, Teruhisa K, Mitsuo Yokoyama MD. Psychoneuroimmunological benefits of aromatherapy. International Journal of Aromatherapy. 2002; 12(2): 77-82.

25 Dehkordi AK, Tayebi A, Ebadi A, Sahraei H, Einollahi B. Effects of aromatherapy using the damask rose essential oil on depression, anxiety, and stress in hemodialysis patients: A clinical trial. Nephro-Urol Mon. 2017; 9(6): e60280.

26 Saqib F, Mushtaq Z, Janbaz KH, Imran I, Deawnjee S, Zia-Ul-Haq M, et al. Pharmacological basis for the medicinal use of Michelia champaca in gut, airways and cardiovascular disorders. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 2018; 11(4): 292-6.

27 Dobrek L, Głowacka K. Depression and Its Phytopharmacotherapy-A Narrative Review. Int J Mol Sci. 2023; 24(5): 4772.

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร ด้วยการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน สำหรับนักศึกษา ปวส.

Developing Structural Drawing Reading Skills Through Game-Based Learning for High Vocational Certificate Students

ปกรณ์ พัฒนานุโรจน์[1*] และ ภาณุพงศ์ จันฤๅไชย[1]
Pakorn Pattananurot[1*] and Panupong Janruechai[1]
[1]สาขาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
[1]*Department of Civil Engineering, Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus*
*Corresponding author: Pakorn Pattananurot

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
5 สิงหาคม 2568	22 สิงหาคม 2568	10 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ด้วยรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน และ (2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยเกม กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาสาขาช่างโยธา จำนวน 22 คน ที่ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย เกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน แบบประเมินทักษะการอ่านแบบ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ t-test แบบกลุ่มสัมพันธ์ (Dependent Sample t-test) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า (1) นักศึกษามีคะแนนทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอยู่ในระดับสูง (Mean = 89.60, S.D. = 2.30) และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมด้วยเกมช่วยยกระดับความเข้าใจเชิงโครงสร้างได้อย่างต่อเนื่อง (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Mean = 17.19, S.D. = 0.98 เทียบกับ Mean = 12.76, S.D. = 1.55; $t = 15.31$, $p = 0.000$) (3) ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกิจกรรมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.62$, S.D. = 0.49) โดยผู้เรียนเห็นว่ากิจกรรมเกมช่วยสร้างแรงจูงใจและการเชื่อมโยงข้อมูลจากแบบสองมิติไปสู่การสร้างหุ่นจำลองได้อย่างถูกต้อง สรุปได้ว่า การใช้เกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคารเป็นการปรับวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจองค์ประกอบของโครงสร้างอาคาร ช่วยพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างสามารถนำวิธีการไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในรายวิชาอื่น ๆ ต่อไปได้

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบใช้เกมเป็นฐาน, ทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร, หุ่นจำลองโครงสร้าง

Abstract

This study had objectives: (1) to develop higher vocational certificate (Diploma) students' skills in interpreting structural drawings through game-based learning (GBL), and (2) to compare students' learning achievement before and after participating in the GBL activities. The sample group consisted of 22 civil engineering students, selected through purposive sampling. The research instruments included a structural model-building game, pre- and post-tests, a structural drawing interpretation skill assessment, and a student satisfaction questionnaire. Data were analyzed using the Dependent Sample t-test, mean, and standard deviation. The research findings indicated that (1) students achieved a high level of performance in structural drawing interpretation (Mean = 89.60, S.D. = 2.30), with no significant differences across groups ($p > 0.05$). This result demonstrates that the game-based activity consistently enhanced students' understanding of structural concepts. (2) Students' learning achievement after the activity was significantly higher than before the activity at the .05 level (Mean = 17.19, S.D. = 0.98 compared with Mean = 12.76, S.D. = 1.55; $t = 15.31$, $p = 0.000$). (3) Student satisfaction toward the activity was at the highest level ($\bar{x} = 4.62$, S.D. = 0.49). Students indicated that the game-based activity enhanced their motivation and supported the accurate transfer of information from two-dimensional drawings to structural model. In summary, the use of a structural model-building game represents an instructional innovation that fosters students' understanding of building components and improves their structural drawing interpretation skills. This approach not only promotes active and meaningful learning but can also be adapted for use in other related courses, thereby contributing to more effective teaching and learning practices in vocational education.

Keywords: Game-Based Learning, Structural Drawing Reading Skills, Structural Model

บทนำ

ในบริบทของการพัฒนากำลังแรงงานด้านเทคนิคในประเทศไทย การผลิตบุคลากรที่มีทักษะเชิงช่างที่ตรงตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างถือเป็นภารกิจหลักของสถาบันอาชีวศึกษา โดยเฉพาะในสาขาช่างโยธา ซึ่งเป็นสาขาวิชาที่ต้องอาศัยทั้งความรู้เชิงทฤษฎีและทักษะเชิงปฏิบัติ หนึ่งในทักษะสำคัญพื้นฐานที่จำเป็นต่อการทำงานจริง คือ "ทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร" ซึ่งหมายถึงความสามารถในการแปลความหมายจากแบบก่อสร้างซึ่งมีมุมมองเป็นสองมิติ ไปสู่ความเข้าใจในลักษณะโครงสร้างอาคารแบบสามมิติได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ [1] ทักษะนี้มีบทบาทสำคัญในการวางแผนก่อสร้าง การสื่อสารในพื้นที่ก่อสร้าง และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตาม จากการเรียนการสอนในชั้นเรียนรายวิชาพื้นฐานการเขียนแบบ พบว่านักศึกษาจำนวนไม่น้อยยังมีปัญหาในการตีความแบบก่อสร้างและไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลทางเทคนิคได้อย่างถูกต้อง [2] ทำให้การเรียนรู้ในรายวิชานี้ยังไม่บรรลุเป้าหมายที่ควรจะเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาข้างต้นคือ วิธีการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาพื้นฐานยังคงเน้นการสอนแบบบรรยาย การให้ฝึกเขียนแบบหรืออ่านแบบตามคำสั่งมากกว่าการฝึกวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง ซึ่งไม่สอดคล้องกับธรรมชาติของนักศึกษาอาชีวศึกษาที่เรียนรู้ได้ดีจากการลงมือทำ (learning by doing) มากกว่าการฟังหรือท่องจำ [3] แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จึงควรเป็นรูปแบบที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ฝึกฝนผ่านสถานการณ์จำลองที่เสมือนจริง หนึ่งในรูปแบบที่ตอบโจทย์ดังกล่าว คือ "การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน" (Game-Based Learning: GBL) ซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ที่ผสานเกมเข้ากับเนื้อหาวิชาชีพ สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ และกระตุ้นการคิดเชิงระบบของผู้เรียน [4]

สภาพปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะผู้เรียนในระดับอาชีวศึกษา ที่โดยธรรมชาติมักเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือทำ (learning by doing) และการเผชิญสถานการณ์จริง มากกว่าการฟังหรือท่องจำเพียงอย่างเดียว [5] ในบริบทของศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการสร้างจินตภาพเชิงโครงสร้าง [6] แนวทางการเรียนรู้ที่ตอบโจทย์ดังกล่าวคือ “การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน” (Game-Based Learning: GBL) ซึ่งเป็นการออกแบบกิจกรรมที่ผสานความรู้ทางวิชาการเข้ากับรูปแบบการเล่นเกมที่กระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจของผู้เรียน แนวคิดนี้ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการมีส่วนร่วม (engagement) และการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง [7] ที่สามารถนำไปสู่การประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเฉพาะในสาขาวิชาที่มีความซับซ้อนด้านโครงสร้างและงานเขียนแบบโยธา เมื่อพิจารณาถึงความสำคัญของทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตีความสัญลักษณ์ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ และลำดับการประกอบโครงสร้าง การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ผ่าน “เกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร” จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม โดยกิจกรรมนี้เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ฝึกเชื่อมโยงข้อมูลจากแบบก่อสร้างสองมิติกับการสร้างหุ่นจำลองสามมิติในมาตราส่วนที่เหมาะสม พร้อมทั้งฝึกการวิเคราะห์ขนาด ตำแหน่ง และหน้าที่ขององค์ประกอบโครงสร้าง ได้แก่ ฐานราก เสา คาน และโครงสร้างหลังคา กิจกรรมดังกล่าวช่วยเสริมสร้างทักษะเชิงจินตภาพและการคิดเชิงระบบ อีกทั้งยังส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) และการเรียนรู้ร่วมกัน (collaborative learning) ซึ่งเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับหลักสูตรอาชีวศึกษาและทิศทางการพัฒนาการเรียนรู้ในระดับสากล

ด้วยเหตุที่ทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารเป็นพื้นฐานสำคัญของการปฏิบัติงานในสาขาช่างโยธา การส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถตีความแบบก่อสร้างเป็นมุมมองภาพสองมิติไปสู่จินตภาพสามมิติได้อย่างถูกต้องจึงเป็นสิ่งจำเป็น อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาพื้นฐานการเขียนแบบโยธาแต่เดิมที่เน้นการบรรยายและฝึกเขียนแบบสองมิติเป็นหลัก อาจยังไม่สอดรับกับลักษณะการเรียนรู้ของนักศึกษาในระดับอาชีวศึกษา งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านแบบโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ผ่านกิจกรรมการเล่นเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร ซึ่งผลการวิจัยสามารถใช้เป็นต้นแบบการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาอื่น ๆ สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้ สร้างประสบการณ์ที่สนุกและใช้เป็นแนวทางยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนในระดับอาชีวศึกษาต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารของนักศึกษาโดยใช้การเรียนรู้แบบใช้เกมเป็นฐาน
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยเกม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเพื่อเสริมทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องใน 4 ประเด็นหลัก ได้แก่

1.1 ทักษะการอ่านแบบและความเข้าใจโครงสร้างอาคาร ถือเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญของนักศึกษาในสาขาช่างโยธา ต้องสามารถถอดความหมายจากแบบก่อสร้างสองมิติไปสู่จินตภาพสามมิติของโครงสร้างได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ การพัฒนาทักษะนี้จำเป็นต้องใช้การฝึกฝนผ่านการลงมือปฏิบัติจริงจากการสร้างหุ่นจำลอง โดยเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจองค์ประกอบหลักของโครงสร้าง ได้แก่ ฐานราก เสา คาน และโครงสร้างหลังคา อย่างเป็นระบบ [8]

1.2 แนวคิดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง รูปแบบการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เน้นการพัฒนาทักษะผู้เรียนให้สามารถคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่อง [9] การจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning และ Constructivist Learning จึงถูกนำมาใช้เป็นแนวทางในการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาทางวิชาการกับประสบการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ [10]

1.3 แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning: GBL) เป็นแนวทางการเรียนรู้ที่นำเกมมาเป็นเครื่องมือกระตุ้นแรงจูงใจ เกมสามารถสร้างสถานการณ์จำลองที่ช่วยให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหา ฝึกวิเคราะห์ และพัฒนาทักษะผ่านการลงมือทำจริง [11] สำหรับการเรียนรู้ด้านช่างโยธา การใช้เกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคารมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความเข้าใจองค์ประกอบโครงสร้าง การคิดเชิงพื้นที่ และความแม่นยำในการอ่านแบบ

1.4 หลักการออกแบบเกมหุ่นจำลองโครงสร้าง องค์ประกอบของเกมต้องมีความสอดคล้องกับสภาพจริงทั้งในด้านวัสดุ ขนาด และสี เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงกับโครงสร้างอาคารได้ง่ายขึ้น [12] วัสดุที่ใช้ควรมีความแข็งแรงพอเหมาะ น้ำหนักเบา ประกอบง่าย และมีความปลอดภัย ส่วนสีของชิ้นส่วนควรแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างองค์ประกอบโครงสร้าง ได้แก่ ฐานราก เสา คาน และโครงสร้างหลังคา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนจดจำและเข้าใจบทบาทของแต่ละส่วนได้ง่ายขึ้น โดยควรคำนึงถึงต้นทุนที่ไม่สูงมากเพื่อให้สามารถขยายผลการใช้งานในวงกว้าง [13]

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

2. ดำเนินการทดสอบผลสัมฤทธิ์การวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ปีที่ 1 สาขาวิชาช่างโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จำนวน 22 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในรายวิชา 50-207-025-102 พื้นฐานการเขียนแบบโยธา

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ประเภทหลัก ดังนี้

1) แบบทดสอบพัฒนาทักษะการอ่านแบบจากเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ใช้แบบทดสอบจำนวน 8 หัวข้อ ประกอบด้วย 1) ความถูกต้องในการประกอบแบบ 2) ความครบถ้วนขององค์ประกอบ 3) การอ่านแบบและตีความได้ถูกต้อง 4) สัดส่วนถูกต้อง 5) ความรวดเร็วในการประกอบ 6) การวางแผนและการทำงานเป็นขั้นตอน 7) ความสวยงาม และ 8) การมีส่วนร่วมและความตั้งใจ คะแนนรวม 100 คะแนน

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการเรียนรู้เป็นรายบุคคล แบบทดสอบปรนัยจำนวน 20 ข้อ 20 คะแนน แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) การระบุองค์ประกอบโครงสร้าง (2) การอ่านระยะและสัญลักษณ์ และ (3) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โครงสร้างอาคาร

3) แบบสอบถามความพึงพอใจ มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) จำนวน 12 ข้อแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเข้าใจเนื้อหา 2) ความน่าสนใจและการมีส่วนร่วม และ 3) ผลต่อการเรียนรู้และพัฒนาทักษะ

2.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

1) นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) เพื่อวัดความรู้การอ่านแบบโครงสร้าง

2) กิจกรรมการเล่นเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร กำหนดให้ใช้มาตราส่วน 1:25 โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ให้ กิจกรรมมีขั้นตอนดังนี้ (1) แบ่งนักศึกษาออกเป็น 5 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่ม A มีจำนวน 4 คน กลุ่ม B มีจำนวน 4 คน กลุ่ม C มีจำนวน 4 คน กลุ่ม D มีจำนวน 5 คน และ กลุ่ม E มีจำนวน 5 คน (2) แจกแบบโครงสร้างอาคารสองมิติ ได้แก่ ผังแสดงโครงสร้างฐานราก เสา คาน และโครงสร้างหลังคา (ภาพที่ 2-5) (3) ทำการประกอบหุ่นจำลองโครงสร้างอาคารให้แล้วเสร็จภายในเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 6) และ (4) ตรวจให้คะแนนโดยใช้แบบพัฒนาทักษะการอ่านแบบ

3) นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) และตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) ผลการพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร จากเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร

จากสูตร $S.D. = \sqrt{[(x_1-\bar{x})^2 + (x_2-\bar{x})^2 + (x_3-\bar{x})^2 + (x_4-\bar{x})^2 + (x_5-\bar{x})^2 / (5-1)]}$ (1)

คำอธิบายสัญลักษณ์:

S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยรวม (89.60)

x_i = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ i n = จำนวนกลุ่ม (5)

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนด้วยเกม โดยใช้สถิติ t-test แบบกลุ่มสัมพันธ์ (Dependent Samples t-test) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง

จากสูตร $t = (\Sigma d / n) / (\sqrt{[\Sigma(d - \bar{d})^2 / (n-1)]} / \sqrt{n})$ (2)

คำอธิบายสัญลักษณ์:

t = ค่าสถิติ t sd = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง

d = ผลต่างระหว่างคะแนน Post-test และ Pre-test ของแต่ละคน n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (22 คน)

$\bar{d}$ = ค่าเฉลี่ยของผลต่าง Σ = สัญลักษณ์การรวม

3) ความพึงพอใจของผู้เรียน วิเคราะห์ค่าคะแนนจากแบบสอบถามโดยใช้ ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อสรุปแนวโน้มความคิดเห็น

หาค่าเฉลี่ย (Mean) จากสูตร $\bar{x}_{total} = \Sigma(\bar{x}_a \times n_a) / \Sigma n_a$ (3)

คำอธิบายสัญลักษณ์:

$\bar{x}_i$ = ค่าเฉลี่ยของข้อคำถามที่ I $\bar{x}_a$ = ค่าเฉลี่ยของด้าน a

x_{ij} = คะแนนของผู้ตอบคนที่ j ในข้อคำถามที่ I n_a = จำนวนข้อคำถามในด้าน a

n = จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม (22 คน)

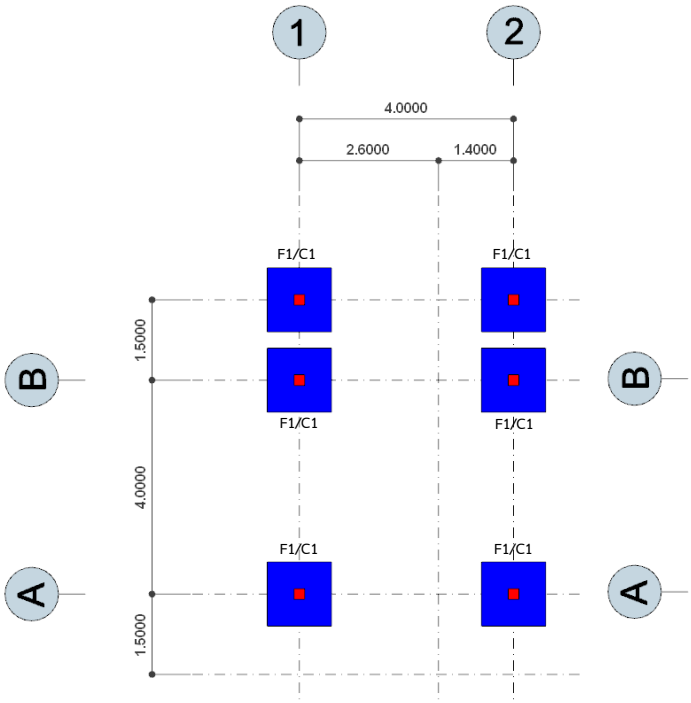
หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) จากสูตร $SD_a = \sqrt{[\Sigma_j(\Sigma_i x_{ij}/n_a - \bar{x}_a)^2 / (n-1)]}$ (4)

คำอธิบายสัญลักษณ์:

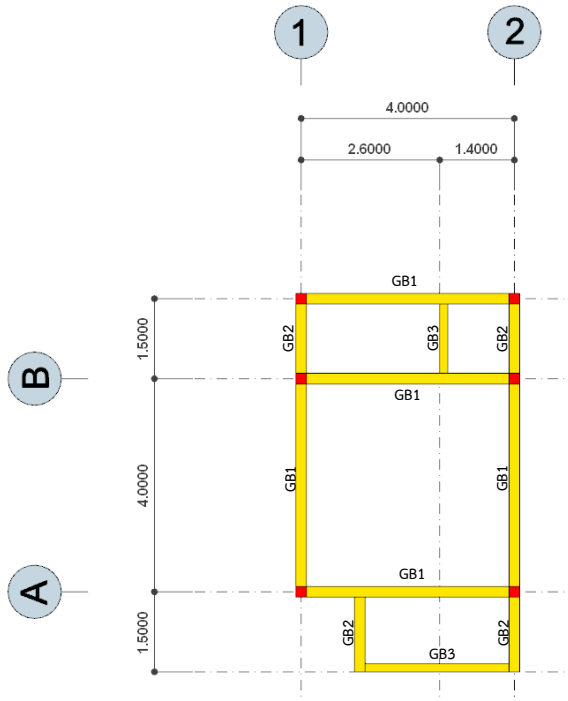
SD_i = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อคำถามที่ i

SD_a = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของด้าน a

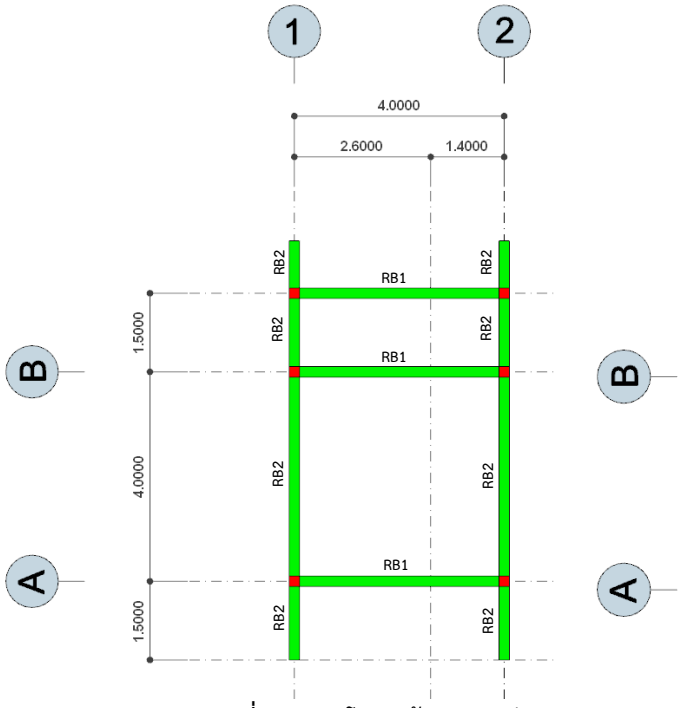
n-1 = องศาอิสระ (21)



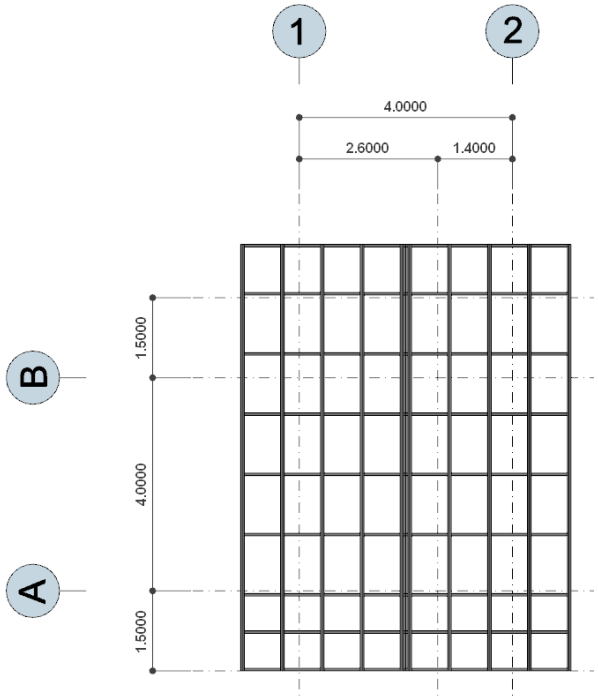
ภาพที่ 2 แปลนโครงสร้างฐานราก ตอม่อ



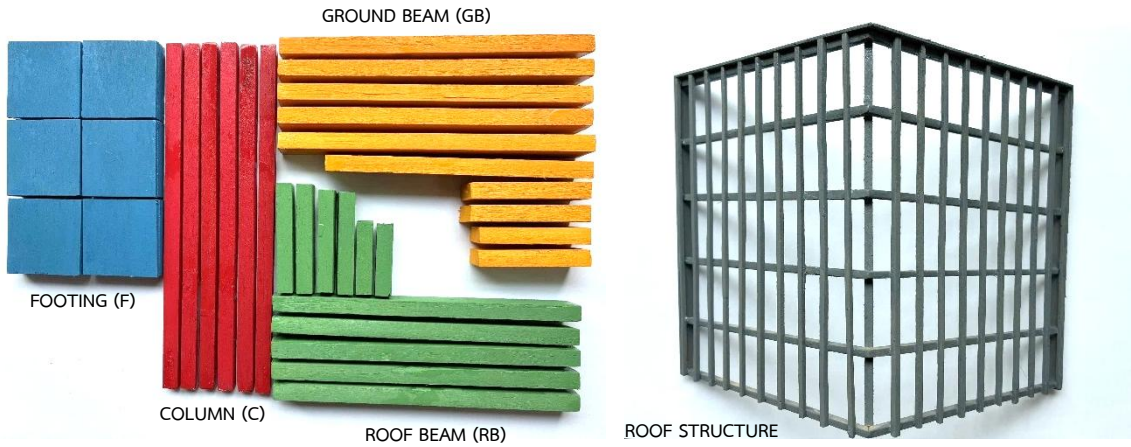
ภาพที่ 3 แปลนโครงสร้างเสา คาน



ภาพที่ 4 แปลนโครงสร้างคานหลังคา



ภาพที่ 5 แปลนโครงสร้าง โครงหลังคา



ภาพที่ 6 ชุดเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร ฐานราก เสา คาน คานหลังคา และโครงสร้างหลังคา

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ 1) เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารของนักศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ผลการวิจัยสามารถนำเสนอแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ผลการพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารโดยใช้เกมเป็นฐาน

การทดสอบทักษะการอ่านแบบ โดยได้แบ่งนักศึกษาออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน ใช้แบบทดสอบจำนวน 8 หัวข้อ คะแนนรวม 100 คะแนน ซึ่งคะแนน 5 กลุ่มจะถูกใช้คำนวณค่าเฉลี่ยรวม (Mean = 89.60) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณจากทั้ง 5 ค่าได้ 2.30 ดังคะแนนในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลคะแนนการทดสอบทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคาร

กลุ่ม	คะแนน	t-test (เปรียบเทียบกับ 89.60)	p-value
A	89	-0.23	0.827
B	86	-2.49	0.073
C	91	0.61	0.580
D	90	0.18	0.866
E	92	1.04	0.367

จากตารางที่ 1 การพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารจากการเรียนรู้ด้วยเกมสร้างหุ่นจำลองผลการวิเคราะห์พบว่าคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 89.60 (S.D. = 2.30) ซึ่งสะท้อนว่านักศึกษามีระดับทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอยู่ในระดับสูง เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของแต่ละกลุ่มกับค่าเฉลี่ยรวมโดยใช้สถิติ t-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กล่าวคือ กลุ่ม A (89 คะแนน), B (86 คะแนน), C (91 คะแนน), D (90 คะแนน) และ E (92 คะแนน) ล้วนอยู่ในช่วงคะแนนที่สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยรวม ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิผล โดยมีผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอและไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้เรียน

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยเกม

จากการเปรียบเทียบคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) จำนวนนักศึกษา 22 คน แบบทดสอบจำนวน 20 ข้อ โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Sample

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยเกม

รายการ	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	t-value	p-value
คะแนนก่อนทดสอบการเรียนรู้	12.76	1.55	15.31	0.000*
คะแนนหลังทดสอบการเรียนรู้	17.19	0.98		

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ t-test แบบกลุ่มสัมพันธ์ (Dependent Sample) แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังการเรียนรู้ด้วยเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร (Mean = 17.19, SD = 0.98) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการเรียนรู้ (Mean = 12.76, SD = 1.55) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า t = 15.31 และ p = 0.000 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมเกมสร้างหุ่นจำลองมีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะด้านการอ่านแบบโครงสร้างอาคารของนักศึกษาได้อย่างชัดเจน ผู้เรียนสามารถเข้าใจองค์ประกอบของแบบโครงสร้าง ได้แก่ ฐานราก เสา คาน และโครงสร้างหลังคา ได้อย่างถูกต้อง รวมถึงสามารถวิเคราะห์สัญลักษณ์ ขนาด และตำแหน่งขององค์ประกอบได้เป็นระบบมากยิ่งขึ้น การเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงนี้ช่วยเสริมสร้างการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลจากแบบ ก่อสร้างสองมิติกับชิ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Constructivism ที่เน้นการเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ผ่านประสบการณ์และแนวคิด Active Learning ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น ซึ่งช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกในองค์ประกอบของโครงสร้างอาคาร ลดข้อผิดพลาดในการอ่านแบบ และเพิ่มความมั่นใจในการนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงในอนาคต

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยเกม

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจของนักศึกษาหลังจากเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเข้าใจเนื้อหา 2) ความน่าสนใจและการมีส่วนร่วม และ 3) ผลต่อการเรียนรู้และพัฒนาทักษะ ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนักศึกษา

ด้าน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านความเข้าใจเนื้อหา	4.55	0.51	มากที่สุด
2. ด้านความน่าสนใจและการมีส่วนร่วม	4.70	0.46	มากที่สุด
3. ผลต่อการเรียนรู้และพัฒนาทักษะ	4.60	0.50	มากที่สุด
รวม	**4.62**	**0.49**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานในระดับ "มากที่สุด" ($\bar{x}$ = 4.62, S.D. = 0.49) โดยเฉพาะในด้านความน่าสนใจของกิจกรรม ($\bar{x}$ = 4.70) และผลต่อการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 4.60) แสดงให้เห็นว่าเกมมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นความสนใจและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

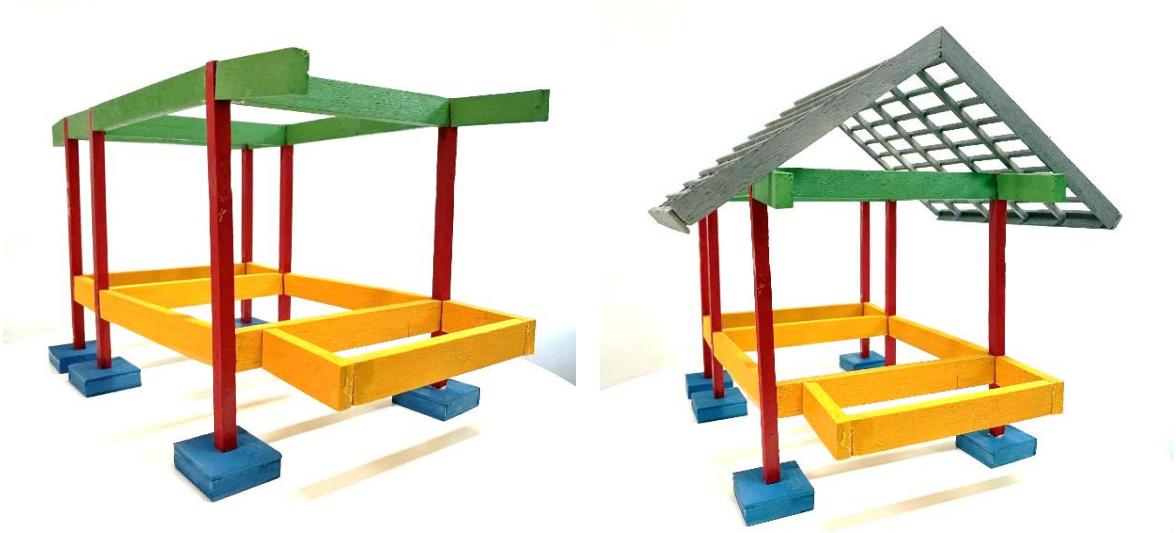
สรุปผลการวิจัย

1. สรุปผลการประเมินทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารโดยใช้เกมเป็นฐาน

จากผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาทุกกลุ่มมีทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารได้ในระดับใกล้เคียงกัน หลังจากเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับสูง (Mean = 89.60, S.D. = 2.30) การวิเคราะห์คะแนนแต่ละกลุ่มด้วยสถิติ t-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เกมมีบทบาทในการส่งเสริมการเรียนรู้อย่างทั่วถึง โดยไม่ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถเริ่มต้นของผู้เรียน กิจกรรมการเล่นเกมสามารถช่วยให้นักศึกษาเข้าใจองค์ประกอบโครงสร้างอาคาร ได้แก่ ฐาน ราก เสา คาน และโครงหลังคา ได้อย่างเป็นระบบ

2. สรุปผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนรู้ด้วยเกม

จากผลการวิจัยสามารถสรุปผลได้ว่า การเรียนรู้ด้วยเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคารส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างชัดเจน (Mean ก่อนเรียน = 12.76, Mean หลังเรียน = 17.19, $p = 0.000$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเรื่ององค์ประกอบโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากแบบก่อสร้างสองมิติสู่การสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างได้ถูกต้อง เข้าใจหน้าที่ขององค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ฐานราก เสา คาน และโครงสร้างหลังคา อย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งระบุตำแหน่งและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นได้ดีขึ้น นอกจากนี้ ผลการของคะแนนที่เพิ่มขึ้นหลังเรียนรู้ ยังบ่งชี้ว่ารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสามารถกระตุ้นการมีส่วนร่วมและแรงจูงใจภายในของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการทดลองและแก้ปัญหาในสถานการณ์จำลอง และแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเกมในการเป็นเครื่องมือทางการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน โดยเฉพาะในรายวิชาที่ต้องอาศัยทักษะการอ่านแบบและการวิเคราะห์โครงสร้างอาคาร



ภาพที่ 7 หุ่นจำลองโครงสร้างอาคารจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยเกม

จากผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคาร พบว่า นักศึกษามีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.62, S.D. = 0.49) โดยเฉพาะด้านความน่าสนใจและการมีส่วนร่วมของกิจกรรม ($\bar{x}$ = 4.70) และผลต่อการเรียนรู้และพัฒนาทักษะ ($\bar{x}$ = 4.60) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกมมีศักยภาพในการดึงดูดความสนใจผู้เรียน และเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหาทางเทคนิคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม รู้สึกสนุกสนาน และเกิดแรงจูงใจ ในการเรียนรู้ผ่านเกมอย่างชัดเจน

อภิปรายผล

1. การพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารโดยใช้เกมเป็นฐาน ผลวิจัยพบว่า นักศึกษาทุกกลุ่มมีคะแนนทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารในระดับใกล้เคียงกัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเกมสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างอาคารสามารถส่งเสริมทักษะของผู้เรียนได้อย่างทั่วถึง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky, L. S. [9] ที่ชี้ว่า การร่วมมือกันในกลุ่ม การลงมือปฏิบัติ และการสนทนาเชิงเทคนิคกับเพื่อนร่วมกลุ่ม การฝึกอ่านแบบผ่านกิจกรรมสร้างหุ่นจำลอง ยังสะท้อนถึงหลักการของ Kolb, D. A. [3] ที่เสนอว่า การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง (experiential learning) เป็นกระบวนการที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง โดยเฉพาะในรายวิชาที่เน้นทักษะเชิงปฏิบัติ นอกจากนี้ Barab, J. G., et al. [11] ยังยืนยันว่า การใช้เกมที่ออกแบบเพื่อฝึกทักษะการอ่านแบบทางวิศวกรรม ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจลำดับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งช่วยพัฒนา “การคิดเชิงพื้นที่” ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการทำงานเชิงช่างและการวางแผนก่อสร้าง Barab, J. G., et al. [11] กล่าวถึงการเรียนรู้ผ่านเกมว่าเป็นการบูรณาการ “ความสนุก” กับ “การเรียนรู้” ซึ่งสามารถช่วยกระตุ้นแรงจูงใจภายในของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง ขณะที่ Kim, H., et al. [8] พบว่า การให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการอ่านแบบก่อสร้างสองมิติไปสู่การจำลองโครงสร้าง ช่วยเพิ่มความเข้าใจในรายละเอียดทางเทคนิคได้อย่างชัดเจน ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับแนวทางของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา [6] ที่ส่งเสริมให้สถานศึกษาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านการลงมือทำจริง ฝึกคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาทักษะด้านการอ่านแบบก่อสร้างของนักศึกษาช่างโยธา

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีผลต่อการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาอย่างชัดเจน โดยคะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าแนวทางการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้งมากกว่าการเรียนในรูปแบบดั้งเดิม ทั้งนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Kolb, D. A. [3] ที่เสนอว่า “การเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง” (experiential learning) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะและองค์ความรู้ทางวิชาชีพของผู้เรียน นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับ Bonwell, C. C., & Eison, J. A. [10] ที่กล่าวว่า ผู้เรียนสามารถพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ได้ดีขึ้นเมื่อได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมที่กระตุ้นการคิดวิเคราะห์และการเชื่อมโยงข้อมูลจากสื่อหรือเครื่องมือที่มีความหมาย ซึ่งในกรณีนี้คือการใช้ “เกมสร้างหุ่นจำลอง” เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ โดยผู้เรียนได้วิเคราะห์แบบโครงสร้าง แปลความหมายของสัญลักษณ์ และลงมือประกอบโครงสร้างอย่างมีระบบ Barab, J. G., et al. [11] ยังสนับสนุนว่าเกมที่ผสานแนวคิดการจำลองทางวิศวกรรมช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะด้านการอ่านแบบทางเทคนิค และมีความแม่นยำในการวิเคราะห์ข้อมูลมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มนักศึกษาสายช่าง ซึ่งมีลักษณะการเรียนรู้ที่ตอบสนองได้ดีต่อสื่อที่มีลักษณะเป็นภาพและการปฏิบัติจริง นอกจากนี้ งานวิจัยของ Williams, B. W., & Anderson, S. L. [7] พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ผ่านแบบจำลองเสมือนจริงมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น และสามารถอธิบายความเชื่อมโยงขององค์ประกอบโครงสร้างได้ชัดเจนขึ้น จากทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นว่า เกมเป็นฐานไม่เพียงแค่เพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เท่านั้น แต่ยังช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เสริมสร้างทักษะการคิดเชิงโครงสร้าง ความมั่นใจในการอ่านแบบ และการนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง

3. ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในระดับ “มากที่สุด” สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านเนื้อหา กิจกรรม และผลต่อการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Kim, Y. S., et al. [4] ที่ระบุว่าเกมเพื่อการเรียนรู้สามารถสร้างแรงจูงใจภายใน และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนผ่านสถานการณ์ที่มีความหมาย รวมถึงแนวคิดที่ว่าความสนใจ (Attention) และความเกี่ยวข้อง (Relevance) คือ ปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสนับสนุนงานวิจัยของ Williams, B. W., & Anderson, S. L. [7] ที่พบว่า เกมสามารถเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในเนื้อหาทางเทคนิคได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงกล่าวได้ว่า การใช้เกมสร้างหุ่นจำลองไม่เพียงแต่ช่วยพัฒนาทักษะเชิงเทคนิค แต่ยังส่งเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจ

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลจากงานวิจัยนี้ยืนยันได้ว่า การพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารโดยใช้เกมเป็นฐาน พบว่า เกมได้ช่วยยกระดับการเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้เกิดการพัฒนาทักษะการอ่านแบบช่วยสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐานของโครงสร้างของอาคารได้ดีขึ้น และช่วยปรับเปลี่ยนทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาเขียนแบบพื้นฐานโยธาให้กลายเป็นเรื่องที่สนุกและน่าสนใจ ควรนำแนวทางนี้ไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อน เพื่อเพิ่มคุณภาพการเรียนการสอน

2. ข้อเสนอแนะควรต่อยอดการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลาย พัฒนาเป็นเกมคอมพิวเตอร์โดยเพิ่มรายละเอียดการเสริมเหล็กและการวิเคราะห์โครงสร้าง ใช้เชื่อมโยงการเรียนรู้เข้ากับรายวิชาอื่น ๆ เช่น วิชาประมาณราคา ทฤษฎีโครงสร้าง เป็นต้น รวมถึงพัฒนาเกมในรูปแบบดิจิทัลหรือเสมือนจริงและติดตามผลในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้สนับสนุนทุนให้ดำเนินโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 เรื่อง การพัฒนาทักษะการอ่านแบบโครงสร้างอาคารด้วยการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน สำหรับนักศึกษา ปวส. ในรายวิชาพื้นฐานการเขียนแบบโยธา

เอกสารอ้างอิง

1 Tumkor, S., & de Vries, R. H. Enhancing spatial visualization skills in engineering drawing course. Global Journal of Engineering Education, 17(3), 109–115. 2015. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/283128239

2 O'Brien, J. G., & O'Brien, E. D. W. G. Compendium of civil engineering education strategies: Case studies and examples. Routledge. 2020. Retrieved from https://www.google.com/search?q=https://www.routledge.com/Compendium-of-Civil-Engineering-Education-Strategies-Case-Studies-and-Examples/OBrien-OBrien/p/book/9781032549226

3 Kolb, D. A. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice Hall. 1984. Retrieved from https://www.google.com/search?q=https://books.google.co.th/books%3Fid%3Df_qFmQ_S39UC

4 Jääskä, E., & Ruokamo, H. Game-based learning and students' motivation in project work. Heliyon, 8*(2),* e08965. 2022. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08965

5 Smith, P. S., & Wilson, P. C. Improving Engineering Drawing Skills Through Concrete Learning and Mindset Theory. CDIO Conference Proceedings. 2016. Retrieved from https://www.cdio.org/sites/default/documents/79_Final_PDF.pdf

6 สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. กรอบทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับการศึกษาไทย. กระทรวงศึกษาธิการ. [อินเตอร์เนต]. 2563. เข้าถึงได้จาก https://www.google.com/search?q=https://www.onec.go.th/images/Skill21_final.pdf

7 Williams, B. W., & Anderson, S. L. Evaluating the Impact of Problem-Based Learning and Digital Models on Civil Engineering Education. University of Cambridge. 2017. Retrieved from https://www.google.com/search?q=https://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/275371

8 Kim, H., Park, C., & Park, D. Development of an educational module for understanding architectural structures using 3D printed models. Journal of Architectural Engineering. 2018. Retrieved from https://www.google.com/search?q=https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29AE.1943-5568.0000305

9 Vygotsky, L. S. Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Harvard University Press. 1978. Retrieved from https://www.google.com/search?q=https://books.google.com/books/about/Mind_in_Society.html?id=o45qAAAAIAAJ

10 Bonwell, C. C., & Eison, J. A. Active learning: Creating excitement in the classroom. Jossey-Bass. 1991. Retrieved from https://www.google.com/search?q=https://eric.ed.gov/?id=ED340272

11 Barab, J. G., Smith, S. J., & Lee, H. B. A Systematic Review of Game-Based Learning in Engineering Education. Journal of Engineering Education. 2022. Retrieved from https://www.google.com/search?q=https://ieeexplore.ieee.org/document/9885885

12 Forsythe, P. The construction game-Using physical model making to simulate realism in construction education. Journal for Education in the Built Environment, 4(1), 57–74. 2009. Retrieved from https://doi.org/10.11120/jebe.2009.04010057

13 Smith, R. W., Green, S. A., & Baker, J. W. Designing Low-Cost Prototypes for STEM Education. International Journal of STEM Education. 2019. Retrieved from https://www.google.com/search?q=https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-019-0182-3

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of an Information System for Tracking Research Funding within the Faculty of Pharmacy, Mahasarakham University

คนึงศรี นิลดี[1*]
Kanungsri Nindee[1*]
[1]*คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*
[1]*Faculty of Pharmacy, Mahasarakham University*
*Corresponding author email: kanungsri.n@msu.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
12 กรกฎาคม 2568	10 กันยายน 2568	11 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัย 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม การดำเนินงานใช้กระบวนการ SDLC 7 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การติดตั้งและการใช้งาน และการบำรุงรักษา กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 46 คน จากประชากรทั้งหมด 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น 2) แบบประเมินคุณภาพของระบบ 3) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของระบบในระดับมากที่สุด ผู้ใช้งานประเมินประสิทธิภาพของระบบในระดับมากที่สุด และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบสารสนเทศ, ระบบติดตามทุนวิจัย, ความก้าวหน้างานวิจัย

Abstract

The purposes of this study were: (1) to develop an information system for tracking research funding; (2) to evaluate the efficiency of the system; and (3) to examine user satisfaction within the Faculty of Pharmacy, Mahasarakham University. The research followed the seven phases of the System Development Life Cycle (SDLC): problem definition, analysis, design, development, testing, implementation, and maintenance. The sample consisted of 46 administrators, lecturers, and staff members, selected from a total population of 60. The research instruments included: (1) the developed information system for tracking research funding; (2) a system quality evaluation form; (3) a system efficiency evaluation form; and (4) a user satisfaction questionnaire.The results revealed that: experts evaluated the quality of the system at the highest level, users evaluated the efficiency of the system at the highest level, and users reported the highest level of satisfaction with the system respectively.

Keywords: Development of Information System, Research Funding Tracking System, Research Progress

บทนำ

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเป็นปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญในการดำเนินการตามยุทธศาสตร์ชาติ ในด้านต่าง ๆ อาทิ ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ เพื่อให้บรรลุวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” โดยการสร้างและสะสมองค์ความรู้ในด้านเป้าหมายต่าง ๆ ให้มีความทันสมัยตลอดเวลา และพัฒนาประเทศจากประเทศที่ใช้แรงงานเข้มข้นไปเป็นประเทศที่มีระบบเศรษฐกิจและสังคมบนฐานความรู้ด้านการวิจัยและนวัตกรรม นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีจุดแข็งในด้านการวิจัย พัฒนา และนวัตกรรม อาทิ ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม สภาพแวดล้อมและกฎหมายที่เอื้อต่อการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม อย่างไรก็ตาม ยังคงมีความท้าทายในด้านการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมที่สำคัญ เช่น การกำหนดโจทย์การวิจัยที่ตอบความต้องการของประชาชนกลุ่มต่าง ๆ ในประเทศ ของภาคการผลิตและบริการ หรือปัญหาของสังคม การบูรณาการหน่วยงานด้านการวิจัย พัฒนา และนวัตกรรม การขาดแคลนบุคลากรนักวิจัย และการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ เป็นต้น [1]

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นหน่วยงานในการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพในสาขาเภสัชศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง จัดการศึกษา ส่งเสริม และพัฒนาวิชาการในด้านเภสัชศาสตร์ โดยมุ่งเน้นผลิตบัณฑิตให้รอบรู้เรื่องยาและสุขภาพ เพียบพร้อมด้วยคุณธรรมและจริยธรรม และพัฒนางานวิจัยด้านเภสัชศาสตร์ ยุทธศาสตร์ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คือ การผลิตบัณฑิตบัณฑิตที่มีหัวใจรับใช้ชุมชน โดยจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ภายใต้แนวคิด Outcome based education (OBE) รวมทั้งสร้างความพร้อมเข้าสู่สากล สร้างงานวิจัยและนวัตกรรมด้านเภสัชศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหายาและสุขภาพในชุมชน ต่อยอดเชิงพาณิชย์ และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ส่งเสริมงานบริการวิชาการที่มุ่งเน้นตอบแทนสังคม นำชุมชนสู่การสร้างเสริมสุขภาพและการใช้ยาอย่างเหมาะสม อนุรักษ์และส่งเสริมการใช้สมุนไพรและภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการมีสุขภาวะที่ดีของชุมชน และเสริมสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่ดี ด้วยการบริหารจัดการองค์กร รวมถึงทรัพยากรและสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ตามหลักธรรมาภิบาล จึงได้มีการส่งเสริมพัฒนาเพื่อให้อาจารย์และบุคลากรมีความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน โดยการสนับสนุนงบประมาณสำหรับการทำวิจัยให้กับอาจารย์และบุคลากร เพื่อมีโอกาสได้ศึกษา ค้นคว้า คิดค้นนวัตกรรมงานสร้างสรรค์ใหม่ ๆ และสามารถนำความรู้มาพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและการทำงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายหรือตามพันธกิจ 4 ด้าน คือ ผลิตเภสัชกรและสาขาที่เกี่ยวข้องให้มีหัวใจรับใช้ชุมชนและตอบสนองความต้องการของชุมชน วิจัยและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ชุมชน ให้บริการวิชาการด้านสุขภาพและการใช้ยาแก่ชุมชน และส่งเสริมและทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านยาและสุขภาพ [2] ภารกิจด้านงานวิจัยเป็นภารกิจหลักที่สำคัญของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งจะมีการพัฒนางานวิจัยด้านเภสัชศาสตร์ สร้างสรรค์งานวิจัยสมุนไพรและยาสู่สากล วิจัยและสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ชุมชน (community-based research)

งานวิจัยมีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยภายในคณะ สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการขอรับทุนอุดหนุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอกของอาจารย์และบุคลากร รวมทั้งการเก็บรวบรวมข้อมูล หลักฐานการดำเนินงานเพื่อให้เป็นไปตามระเบียบ ประกาศ หลักเกณฑ์ของคณะเภสัชศาสตร์ และมหาวิทยาลัยมหาสารคาม การจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัยของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ โครงการวิจัยที่ได้รับเงินทุนอุดหนุนภายในสถาบันหรือหน่วยงาน และโครงการที่ได้รับทุนอุดหนุนจากแหล่งทุนภายนอกมหาวิทยาลัย การบริหารจัดการอุดหนุนการวิจัยทั้ง 2 ประเภทจะต้องดำเนินการตามระเบียบและประกาศของมหาวิทยาลัยหาสารคาม การดำเนินการวิจัยในระดับองค์กร สถาบัน และหน่วยงาน ต่างใช้ระบบ กระบวนการ และรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามบริบทของตน โดยต่างก็มีปัญหาและอุปสรรคที่แตกต่างกันไป จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษามา พบว่า ปัญหาและอุปสรรคที่มีผลต่อการดำเนินงานวิจัยนั้นมีหลายประการด้วยกัน เช่น บุคลากรขาดความรู้และประสบการณ์ในการทำงานวิจัย บุคลากรไม่มีเวลาในการทำงานวิจัย

อย่างต่อเนื่อง ขาดแคลนงบประมาณในการทำงานวิจัย ขาดปัจจัยสนับสนุนการทำงานวิจัย และขาดระบบการดูแลติดตามงานวิจัยอย่างใกล้ชิด เป็นต้น ปัจจุบันการติดตามการดำเนินงานวิจัยของผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะต้องติดต่อประสานงานผ่านเจ้าหน้าที่งานวิจัยเพื่อสอบถามและติดตามสถานะการดำเนินงานวิจัยของตนเอง เช่น จำนวนเงินทุนวิจัยที่ได้รับ การเบิกเงินทุนวิจัย จำนวนเงินทุนวิจัยที่เบิกจ่าย เอกสารที่จัดส่ง โครงการวิจัยที่อยู่ระหว่างดำเนินการ โครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จสิ้น เป็นต้น โดยจะต้องรอเจ้าหน้าที่วิจัยตรวจสอบข้อมูลในไฟล์ Excel และแจ้งกลับไปยังอาจารย์และบุคลากร หากผู้บริหารต้องการติดตามการดำเนินงานวิจัยของอาจารย์และบุคลากร จะต้องสอบถามผ่านเจ้าหน้าที่งานวิจัย หรือเจ้าหน้าที่งานวิจัยรายงานผู้บริหารรับทราบ ซึ่งยังไม่มีรายงานข้อมูลการดำเนินงานวิจัยที่ผู้บริหารสามารถเข้าดูได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และรายงานข้อมูลได้อย่างถูกต้องครบถ้วน อีกทั้งปัจจุบันยังขาดระบบสารสนเทศที่เข้ามาช่วยในการติดตามการดำเนินงานวิจัยของอาจารย์และบุคลากร ผู้วิจัยจึงต้องการที่จะนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยแก้ปัญหา ปรับปรุง และพัฒนาการดำเนินงานให้มีความสะดวกและรวดเร็ว

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคามขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาและสนับสนุนการดำเนินงาน ช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลทุนวิจัย การติดตามการดำเนินงานวิจัย การรายงานผลการดำเนินงานวิจัยมีความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้องครบถ้วน เพื่อให้อาจารย์และบุคลากรที่ทำงานวิจัยได้รับการสนับสนุนในด้านสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการวิจัย และเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยดำเนินการตามกระบวนการในการพัฒนาระบบสารสนเทศ (Systems Development Life Cycle : SDLC)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบสารสนเทศตามกระบวนการในการพัฒนาระบบสารสนเทศ (Systems Development Life Cycle : SDLC)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร จำนวน 60 คน ที่ปฏิบัติงานอยู่ในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยผู้วิจัยตั้งใจเก็บแบบสอบถามจากประชากรทั้งหมด แต่ได้รับแบบสอบถามคืนจำนวน 46 ชุด คิดเป็นร้อยละ 76.67 โดยเป็นการตอบแบบสอบถามโดยสมัครใจและไม่มีการบังคับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

1. ระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. แบบประเมินคุณภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร ที่มีต่อการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบสารสนเทศตามกระบวนการในการพัฒนาระบบสารสนเทศ (Systems Development Life Cycle : SDLC) [3] ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Problem Definition) ศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาของระบบงานเดิม และความต้องการจำเป็นในการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2. การวิเคราะห์ (Analysis) รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสภาพปัญหาของระบบงานเดิม และความต้องการของผู้ใช้ (Requirements) จากการสังเกตการณ์บนสภาพแวดล้อมการทำงานจริง มาวิเคราะห์รายละเอียดและนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานของระบบงานเดิม มาเขียนในรูปแบบของแผนผังงานกระแสข้อมูลระบบงานใหม่ จากนั้นดำเนินการสร้างแบบจำลองการทำงานของระบบ (Process Modeling) โดยใช้แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) และแบบจำลองข้อมูล (Data Model) และคำอธิบายข้อมูล (Data Dictionary)

3. การออกแบบ (Design) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบงานจากขั้นตอนที่ 2 มาออกแบบระบบสารสนเทศ ดังนี้

3.1 ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศ ในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ฮาร์ดแวร์เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ในส่วนภาษาที่ใช้ในการพัฒนา คือ ภาษา PHP Laravel ร่วมกับการใช้ MySQL Server สำหรับการจัดการฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศ

3.2 ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน และออกแบบหน้าจอส่วนการใช้งาน โดยแบ่งออกตามประเภทของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ ได้แก่ เจ้าหน้าที่งานวิจัย ผู้บริหาร อาจารย์และบุคลากร ซึ่งผู้ใช้งานแต่ละประเภทจะมีสิทธิ์ในการเข้าใช้งานที่แตกต่างกัน

3.3 ออกแบบผังงาน (Flowchart) ของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

4. การพัฒนา (Development) ดำเนินการเขียนโปรแกรมระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตามผังงาน ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน และหน้าจอส่วนการใช้งานที่กำหนดไว้ โดยใช้ภาษา PHP Laravel และใช้ฐานข้อมูล MySQL Server เป็นตัวเก็บฐานข้อมูลของระบบ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในรูปแบบของเว็บแอพลิเคชั่นที่มีการเข้าถึงและสามารถใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลา

5. การทดสอบ (Testing) ทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบบสารสนเทศ โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ด้านระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพด้านกระบวนการและผลลัพธ์ ของระบบสารสนเทศ และปรับปรุงแก้ไขระบบสารสนเทศตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งเพื่อรับรองระบบสารสนเทศ ก่อนนำไปใช้จริง

6. การติดตั้งและการใช้งาน (Implement) จัดทำคู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบถึงวัตถุประสงค์ และขั้นตอนการใช้งานแต่ละฟังก์ชั่นการใช้งาน จากนั้นนำระบบสารสนเทศที่ผ่านการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปใช้จริงกับผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และให้ผู้ใช้งานตอบแบบสอบถามความพึงใจต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ

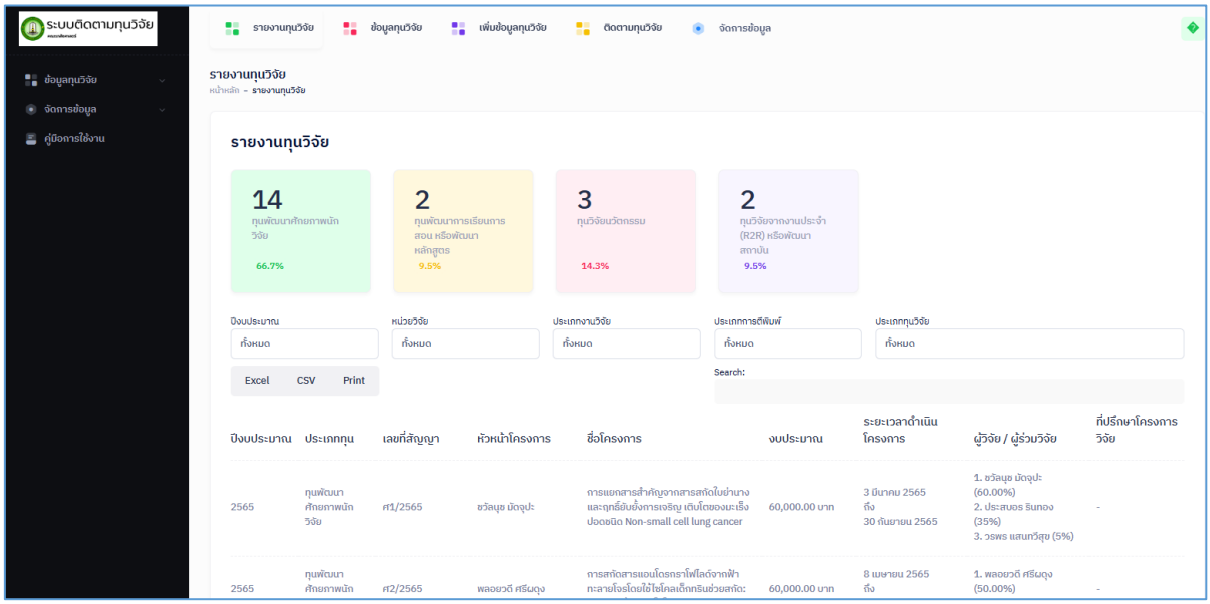
7. การบำรุงรักษา (Maintenance) บำรุงรักษาระบบสารสนเทศ และอุปกรณ์ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้นจากระบบ

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยนำแบบประเมินคุณภาพ และรับรองระบบสารสนเทศไปให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านพิจารณา ตรวจสอบความเหมาะสมของระบบสารสนเทศ เพื่อประเมินและรับรองระบบสารสนเทศ และนำแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ และสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ ไปใช้กับผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศและศึกษาความพึงใจหลังจากการใช้งานระบบสารสนเทศ ระหว่างเดือนเมษายน - มิถุนายน 2568

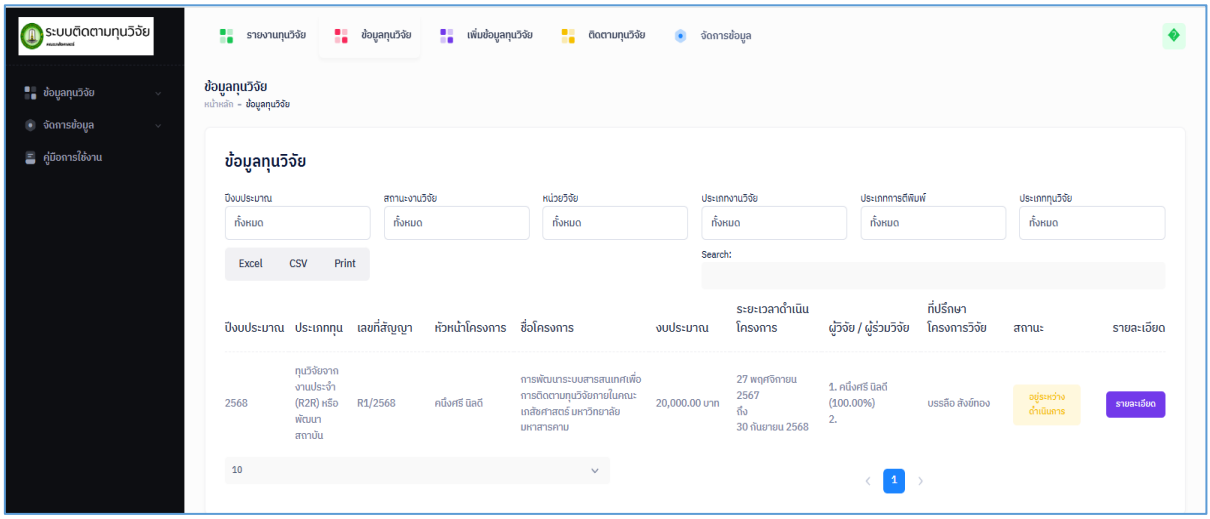
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

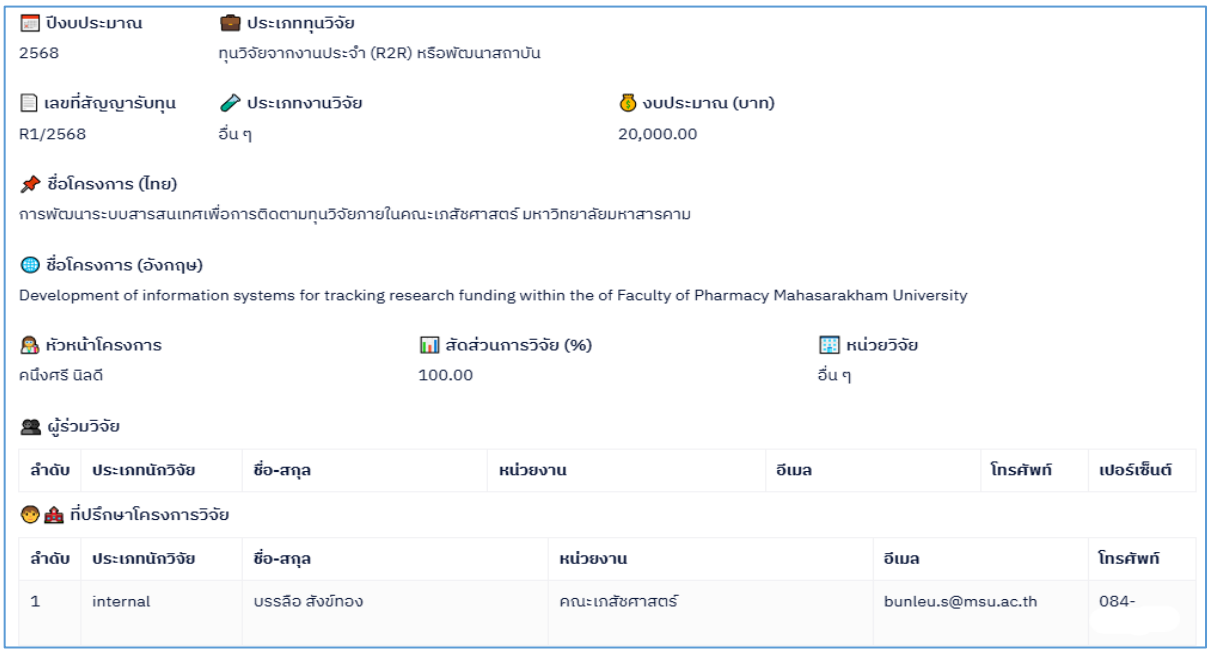
1. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ดังภาพที่ 1-5



ภาพที่ 1 แสดงหน้าแรกของระบบสารสนเทศ



ภาพที่ 2 แสดงส่วนของข้อมูลทุนวิจัย


ปีงบประมาณ
2568
ประเภททุนวิจัย
ทุนวิจัยจากงานประจำ (R2R) หรือพัฒนาสถาบัน
เลขที่สัญญารับทุน
R1/2568
ประเภทงานวิจัย
อื่น ๆ
งบประมาณ (บาท)
20,000.00
ชื่อโครงการ (ไทย)
การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ชื่อโครงการ (อังกฤษ)
Development of information systems for tracking research funding within the of Faculty of Pharmacy Mahasarakham University
หัวหน้าโครงการ
คนึงศรี นิลดี
สัดส่วนการวิจัย (%)
100.00
หน่วยวิจัย
อื่น ๆ
ผู้ร่วมวิจัย

ลำดับ	ประเภทนักวิจัย	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	อีเมล	โทรศัพท์	เปอร์เซ็นต์

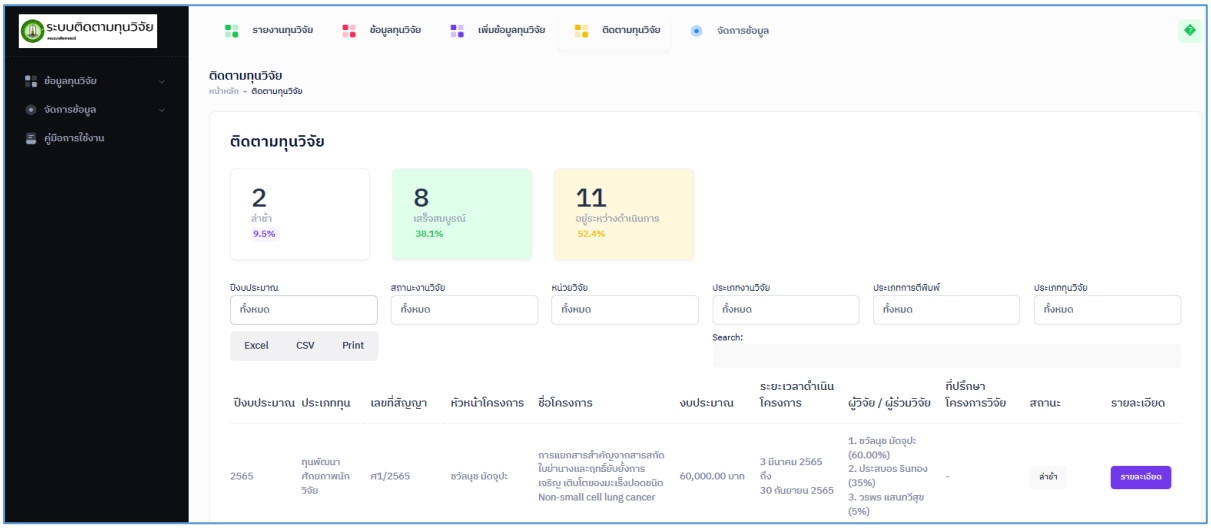
ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ลำดับ	ประเภทนักวิจัย	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	อีเมล	โทรศัพท์
1	internal	บรรลือ สังข์ทอง	คณะเภสัชศาสตร์	bunleu.s@msu.ac.th	084-

ภาพที่ 3 แสดงส่วนของข้อมูลทุนวิจัย (ต่อ)

เพิ่มข้อมูลทุนวิจัย
ปีงบประมาณ
2568
ประเภททุนวิจัย
กรุณาเลือกประเภททุนวิจัย
เลขที่สัญญารับทุน
ประเภทงานวิจัย
กรุณาเลือกประเภทงานวิจัย
งบประมาณ (บาท)
ชื่อโครงการ (ไทย)
ชื่อโครงการ (อังกฤษ)
หัวหน้าโครงการ
หัวหน้าโครงการ
สัดส่วนการวิจัย (%)
หน่วยวิจัย
กรุณาเลือกหน่วยวิจัย
ระยะเวลาดำเนินโครงการ
เริ่มต้น
mm/dd/yyyy
สิ้นสุด
mm/dd/yyyy
สถานะงานวิจัย
สถานะงานวิจัย
ประเภทการตีพิมพ์/นำเสนอผลงาน
ISI
ISI Q1
ISI Q2
ISI Q3
ISI Q4
Scopus
Scopus Q1
Scopus Q2
Scopus Q3
Scopus Q4
TCI
TCI1
TCI2
นำเสนอผลงาน
ชื่อผลงานวิจัยที่จะตีพิมพ์/นำเสนอผลงาน
ชื่อวารสารที่จะตีพิมพ์/งานประชุมที่จะนำเสนอผลงาน
ชื่อผลงานที่จะจัดทำเป็นหนังสือ ตำรา หรือคู่มือ
ชื่อผลงานวิจัยที่จะยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร/สิทธิบัตร

ภาพที่ 4 แสดงส่วนของการเพิ่มข้อมูลทุนวิจัย



ภาพที่ 5 แสดงส่วนของการติดตามทุนวิจัย

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลผลความเหมาะสมของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญ (N=3)

ด้านที่ทำการศึกษา	**ระดับความเหมาะสม**		
	$\bar{x}$	S.D.	**แปลผล**
1. การออกแบบ	4.95	0.08	มากที่สุด
2. การทำงานได้ตามหน้าที่	5.00	0	มากที่สุด
3. ความปลอดภัย	5.00	0	มากที่สุด
สรุปผลโดยรวม	**4.98**	**0.03**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความเหมาะสมของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัย โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.98)

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลผลประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัย โดยผู้ใช้งาน (N=46)

ด้านที่ทำการศึกษา	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ตรงตามความต้องการ	4.75	0.46	มากที่สุด
2. สามารถทำงานได้ตามหน้าที่	4.76	0.45	มากที่สุด
3. ความง่ายต่อการใช้งาน	4.74	0.44	มากที่สุด
4. ประสิทธิภาพ	4.77	0.42	มากที่สุด
5. การรักษาความปลอดภัย	4.79	0.41	มากที่สุด
สรุปผลโดยรวม	**4.76**	**0.44**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ใช้งาน ประกอบด้วย ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร ได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัย โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.76)

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร ที่มีต่อการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลผลความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัย ของผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร (N=46)

ด้านที่ทำการศึกษา	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ระบบสารสนเทศมีความถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ ไม่ซ้ำซ้อน	4.78	0.41	มากที่สุด
2. ระบบสารสนเทศมีความเป็นปัจจุบัน ทันต่อการเรียกใช้งาน	4.79	0.41	มากที่สุด
3. ระบบสารสนเทศมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน	4.77	0.42	มากที่สุด
4. ระบบสารสนเทศเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน	4.80	0.40	มากที่สุด
5. ระบบสารสนเทศมีความยืดหยุ่น	4.83	0.37	มากที่สุด
สรุปผลโดยรวม	**4.79**	**0.37**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัย โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.79)

อภิปรายผล

1. ระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในครั้งนี้ ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก 5 ด้าน คือ ด้านปัจจัยนำเข้า (Inputs) ด้านกระบวนการ (Process) ด้านผลผลิต (Outputs) ด้านข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) และด้านสภาพแวดล้อม (Environment) สอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับระบบ

ทั่วไปของ Bittel [8] Smith [9] Schoderbek et al. [10] และ Lunenburg & Ornstein [11] ทั้งนี้จากการใช้ระบบสารสนเทศ ประกอบด้วย ส่วนค้นหาข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลรายงานทุนวิจัย ข้อมูลทุนวิจัย ข้อมูลเพิ่มข้อมูลทุนวิจัย ข้อมูลติดตามทุนวิจัยและข้อมูลบุคลากร ส่วนข้อมูลทุนวิจัย ส่วนเพิ่มข้อมูลทุนวิจัย ส่วนติดตามทุนวิจัย ส่วนรายงานทุนวิจัย/ข้อมูลทุนวิจัย/ติดตามทุนวิจัย และส่วนจัดการข้อมูล ได้แก่ จัดการประเภททุนวิจัย จัดการประเภทงานวิจัย จัดการหน่วยวิจัย จัดการสถานะงานวิจัย จัดการเอกสารงานวิจัย จัดการประเภทการตีพิมพ์ จัดการข้อมูลบุคลากร และจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน พบว่า ระบบสารสนเทศช่วยในการดำเนินงานอย่างมาก สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ประหยัดเวลา ช่วยลดภาระการสืบค้นข้อมูล สามารถค้นหาข้อมูลทุนวิจัย เรียกดูข้อมูลทุนวิจัย ติดตามทุนวิจัยได้อย่างรวดเร็ว และระบบใช้งานง่าย สะดวก เหมาะกับประเภทผู้ใช้งาน อีกทั้งยังมีการอัพเดทข้อมูลทุนวิจัย การติดตามทุนวิจัยที่เป็นปัจจุบัน ทำให้ทราบรายละเอียดข้อมูลทุนวิจัยที่ได้รับ และผลการดำเนินงาน สามารถนำข้อมูลไปรายงานในส่วนที่เกี่ยวข้อง และช่วยให้สามารถวางแผนการดำเนินงานได้ทันท่วงที ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศันสนีย์ ทาร่อน [4] ได้ศึกษาการพัฒนาระบบติดตามความก้าวหน้างานโครงการ กรณีศึกษา: กลุ่มเตรียมข้อมูล ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยสามารถช่วยในการบันทึกความก้าวหน้าของงาน แสดงผลการดำเนินงาน รวมถึงรายงานงานคงเหลือของแต่ละโครงการภายใต้ความรับผิดชอบของแต่ละกลุ่มงานในรูปแบบร้อยละของงานที่ทำสำเร็จ เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความเหมาะสมของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีกระบวนการทำงานถูกต้องเหมาะสมตามขั้นตอนการดำเนินงาน การบันทึกข้อมูลครบถ้วนตามแบบเอกสารการดำเนินงาน ลดการซ้ำซ้อนของข้อมูลและมีการรายงานข้อมูลที่ถูกต้อง ตรงตามความต้องการผู้ใช้งาน กระบวนการทำงานของระบบมีการทำงานถูกต้องตามที่ได้ออกแบบระบบไว้ สามารถค้นหาข้อมูลได้ถูกต้อง ตรงตามที่ต้องการสืบค้น การบันทึกข้อมูลผลการดำเนินงานมีความถูกต้องเหมาะสม มีการประมวลผลข้อมูลและสรุปรายงานออกมาตรงกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในระบบ มีการควบคุมการใช้งานตามสิทธิ์ของผู้ใช้งานแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับ โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ [5] ที่กล่าวว่า ระบบสารสนเทศที่ดี ควรมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ 1) ตรงกับความต้องการ 2) ทันเวลาต่อการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ 3) มีความเที่ยงตรง ได้แก่ ความถูกต้อง ความสมบูรณ์ และความปลอดภัย 4) ประหยัด 5) มีประสิทธิภาพ

3. ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นใช้งานง่าย สะดวก ช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน สามารถสืบค้นข้อมูลได้รวดเร็ว ถูกต้อง และตรงตามความต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐวรรณ ธรรมวัชรากร [6] ได้ศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พบว่า ระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้งานได้จริง ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน และระบบสามารถสนับสนุนการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และยังสอดคล้องกับ โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ [5] ที่กล่าวว่า สารสนเทศที่ดีต้องมีประสิทธิภาพ ซึ่งคำว่าประสิทธิภาพ สามารถวัดได้หลายแนวทางด้วยกัน เช่น สารสนเทศนี้นำเสนอได้อย่างเที่ยงตรง และรวดเร็วมาก อีกทั้งยังใช้ทรัพยากรอย่างประหยัด ซึ่งก็จัดได้ว่าเป็นสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ

4. ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีความยืดหยุ่น เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานอย่างมาก สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ง่ายและรวดเร็ว ประหยัดเวลา ระบบมีการประมวลผลที่รวดเร็วและถูกต้อง ใช้งานง่าย สะดวกในการใช้งาน สามารถใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลาที่ต้องการ นอกจากนี้ระบบสารสนเทศยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานรวดเร็วขึ้น รวมทั้งช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลและจัดทำรายงาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ภานุวัฒน์ ขันจา [7] ได้ศึกษาการพัฒนา

ระบบสารสนเทศงานวิจัยเชิงพื้นที่สำหรับเครือข่ายมหาวิทยาลัยราชภัฏ พบว่า ระบบสารสนเทศนี้มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ ผลการประยุกต์ใช้ระบบกับเครือข่ายมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน

สรุปผล

1. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ได้ระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ผ่านการประเมินความเหมาะสมของระบบสารสนเทศ โดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ประเมินระบบสารสนเทศ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ระบบสารสนเทศที่ได้ ประกอบด้วย 6 ส่วน คือ

1.1 ค้นหาข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลรายงานทุนวิจัย ข้อมูลทุนวิจัย ข้อมูลเพิ่มข้อมูล ทุนวิจัย ข้อมูลติดตามทุนวิจัย และข้อมูลบุคลากร

1.2 ข้อมูลทุนวิจัย

1.3 เพิ่มข้อมูลทุนวิจัย

1.4 ติดตามทุนวิจัย

1.5 รายงานทุนวิจัย/ข้อมูลทุนวิจัย/ติดตามทุนวิจัย

1.6 จัดการข้อมูล ได้แก่ จัดการประเภททุนวิจัย จัดการประเภทงานวิจัย จัดการหน่วยวิจัย จัดการสถานะงานวิจัย จัดการเอกสารงานวิจัย จัดการประเภทการตีพิมพ์ จัดการข้อมูลบุคลากร และจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน

ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งาน เวลา สถานที่ใดก็ได้ โดยให้ผู้ใช้งานทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศและตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ประเมินความเหมาะสมของระบบสารสนเทศ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ใช้งาน ประกอบด้วย ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ โดยรวมและเป็นรายด้าน จำนวน 5 ด้าน คือ ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ ด้านตรงตามความต้องการ ด้านประสิทธิภาพ ด้านความง่ายต่อการใช้งาน และด้านการรักษาความปลอดภัย อยู่ในระดับมากที่สุด

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร ที่มีต่อการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามทุนวิจัยภายในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบสารสนเทศโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดและเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรมีความพึงพอใจระบบสารสนเทศมีความยืดหยุ่นมากที่สุด รองลงมา คือ ระบบสารสนเทศเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน ระบบสารสนเทศมีความเป็นปัจจุบัน ทันต่อการเรียกใช้งาน ระบบสารสนเทศมีความถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ ไม่ซ้ำซ้อน และระบบสารสนเทศมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 หน่วยงานต้องมีนโยบายที่ชัดเจนในการให้บุคลากรทุกคนเข้าใช้ระบบสารสนเทศ

1.2 ควรมีการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการอบรมการใช้งานระบบสารสนเทศ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจวิธีการใช้งานระบบสารสนเทศ

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.1 ควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับระบบสารสนเทศของผู้ใช้งาน

2.2 ควรมีการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นหลังการใช้งานระบบสารสนเทศ เพื่อใช้ในการพัฒนาต่อยอดระบบสารสนเทศให้เป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้ใช้งาน

2.3 ควรมีการพัฒนาหรือนำระบบไปประยุกต์ใช้กับต่างหน่วยงาน เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ทำงาน และขยายขอบข่ายความรู้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2568 คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามทุกท่าน ที่กรุณาให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และทดลองใช้งานเครื่องมือเพื่อการวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1 สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: สำนักงาน; 2562. ยุทธศาสตร์ชาติ; 2562 [เข้าถึงเมื่อ 16 ก.ย. 2567]. เข้าถึงได้จาก https://www.nesdc.go.th/nscr/main/

2 คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. แผนกลยุทธ์และแผนปฏิบัติการ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2566. สำนักพิมพ์คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2566.

3 เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กองโลจิสติกส์; 2562 [เข้าถึงเมื่อ 16 ก.ย. 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06- 29

4 ศันสนีย์ ทาร่อน. ระบบติดตามความก้าวหน้างานโครงการ กรณีศึกษา: กลุ่มเตรียมข้อมูล ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานสถิติแห่งชาติ [อินเทอร์เน็ต] [ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2554 [เข้าถึงเมื่อ 20 ต.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/254041

5 โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2551.

6 ณัฐวรรณ ธรรมวัชรากร. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี [อินเทอร์เน็ต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2560 [เข้าถึงเมื่อ 20 ต.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/handle/123456789/3581

7 ภานุวัฒน์ ขันจา. การพัฒนาระบบสารสนเทศงานวิจัยเชิงพื้นที่สำหรับเครือข่ายมหาวิยาลัยราชภัฏ. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ [อินเทอร์เน็ต]. ม.ค.-มิ.ย. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 20 ต.ค. 2567];18(1): 64-74. เข้าถึงได้จาก: https://tdc.thailis.or.th/tdc/index.php?Secret=cdvrhfpmsjm8demkao6hjeb3s5

8 Bittel LR. Encyclopedia of profession management. New York: McGraw-Hill; 1980.

9 Smith AW. Management systems : analysis and application. Japan: CBS College publishing; 1982.

10 Schoderbek PP, Schoderbek CG, Defalas AG. Management systems : conceptual consideration. New York: McGraw-Hill; 1990.

11 Lunenburg FC, Ornstein AC. Educational administration : concepts and practies [Internet]. Belmont, CA: Wadsworth Publishing; 1996. Available from: https://pdfcoffee.com/educational-administration-concepts-and-practices-by-fred-c-lunenburg-allan-c-ornstein-pdf-free.html?utm_source=chatgpt.com

บทความวิจัย (Research Article)

ปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ : กรณีศึกษาตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม

The Influence of Social and Cultural Factors on Health Care Behaviors: A Case Study of Kuta Kai Sub-district, Pla Pak District, Nakhon Phanom Province

ชัชวาล นามพลแสน[1] พิมพ์ญดา สุนา[2*] ณรงฤทธิ์ หนูคล้าย[3] และ ศศิประภา ดวงอุปมา[4]
Chatchawan Namponsaen[1], Pimyada Suna[2*], Naronglit Nukhlai[3] and Sasiphapa Duanguppama[4]
[123]โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม
[4]โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
[123]Kuta Kai Subdistrict Health Promoting Hospital, Pla Pak District, Nakhon Phanom Province
[4] Khon Kaen Wittayayon School, Mueang District, Khon Kaen Province
*Corresponding author email: Pimyada.sun@ku.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
22 สิงหาคม 2568	20 กันยายน 2568	21 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรมรวมทั้งพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างคือประชาชนในตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม จำนวน 451 คน การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามโดยได้รับการตรวจสอบคุณภาพ พบว่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ค่า Cronbach's Alpha = 0.89 และค่า KMO = 0.82 ผู้วิจัยดำเนินการตามหลักจริยธรรม โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขอความยินยอมโดยสมัครใจ และรักษาความลับของผู้ให้ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยทางสังคม ปัจจัยทางวัฒนธรรม และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพอยู่ในระดับมาก เมื่อวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ พบว่า ปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมสามารถร่วมกันทำนายพฤติกรรมการดูแลสุขภาพได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 161.534$, $p = 0.001$) โดยอธิบายความแปรปรวนได้ ร้อยละ 41.90 ($R^2 = 0.419$) ทั้งนี้ ปัจจัยทางสังคมมีอิทธิพลสูงสุด ($\beta = 0.423$, $t = 7.672$, $p = 0.001$) รองลงมาคือปัจจัยทางวัฒนธรรม ($\beta = 0.265$, $t = 4.794$, $p = 0.001$) ข้อค้นพบว่าปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมสุขภาพของประชาชน ควรผสานบทบาทครอบครัวและองค์กรท้องถิ่นในการส่งเสริมสุขภาพเพื่อความยั่งยืน

คำสำคัญ: ปัจจัยทางสังคม, ปัจจัยทางวัฒนธรรม, พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ

Abstract

This qualitative study aimed to examine social factors, cultural factors, and health care behavior among community members, and to analyze the relationships of these factors with health care behavior. The sample comprised 451 residents of Kutakai Subdistrict, Pla Pak District, Nakhon Phanom Province, selected using stratified sampling. The instrument was a questionnaire which had its quality verified: IOC ranged from 0.67–1.00, Cronbach's alpha was 0.89, and KMO was 0.82. The researchers adhered to ethics by explaining the objectives, obtaining voluntary informed consent, and ensuring confidentiality. Statistics used for data analysis included the mean, standard deviation, and multiple linear regression. The results showed that social factors, cultural factors, and health care behavior were at high levels. Multiple linear regression indicated that social and cultural factors jointly and significantly predicted health care behavior ($F = 161.534$, $p = 0.001$), explaining 41.90% of the variance ($R^2 = 0.419$). Social factors had the strongest positive effect ($\beta = 0.423$, $t = 7.672$, $p = 0.001$), followed by cultural factors ($\beta = 0.265$, $t = 4.794$, $p = 0.001$). These findings suggest that both factors are associated with health care behavior; therefore, integrating the roles of families and local organizations into health promotion is recommended to achieve sustainability.

Keywords: Social Factors, Cultural Factors, Health Care Behaviors

บทนำ

การดูแลสุขภาพของประชาชนในชุมชนถือเป็นประเด็นสำคัญที่สะท้อนทั้งคุณภาพชีวิตและศักยภาพในการพัฒนาที่ยั่งยืนของสังคม ปัจจัยที่กำหนดพฤติกรรมสุขภาพมิได้จำกัดอยู่เพียงแรงจูงใจส่วนบุคคล แต่ยังครอบคลุมถึงอิทธิพลทางสังคม วัฒนธรรม และนโยบายที่โอบล้อมบุคคลอยู่ [1] แนวคิดเชิงนิเวศวิทยาสังคม (Social Ecological Model: SEM) จึงอธิบายได้ว่า พฤติกรรมสุขภาพถูกกำหนดโดยหลายระดับ ตั้งแต่ปัจจัยส่วนบุคคล (ความรู้ ทัศนคติ ทักษะ) ปัจจัยระหว่างบุคคล (ครอบครัว เพื่อน เครือข่ายสังคม) ปัจจัยระดับองค์กรและชุมชน ไปจนถึงปัจจัยด้านนโยบายสาธารณะ ทั้งหมดล้วนมีบทบาทซ้อนทับและสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ ในทำนองเดียวกัน ทฤษฎีอิทธิพลสามประการ (Theory of Triadic Influence: TTI) ของ Nyambe [2] ได้บูรณาการแนวคิดจาก Bronfenbrenner และ Bandura เพื่อชี้ให้เห็นเส้นทางอิทธิพลที่หลากหลาย ได้แก่ อิทธิพลใกล้ (Proximal) เช่น การรับรู้ความสามารถและเจตนาพฤติกรรม อิทธิพลระดับกลาง (Distal) เช่น บรรทัดฐานทางสังคม และอิทธิพลระดับสุดท้าย (Ultimate) เช่น ค่านิยมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้สะท้อนถึงการที่พฤติกรรมสุขภาพมิใช่ผลจากการเลือกของปัจเจกเพียงลำพัง หากแต่เป็นพลวัตทางสังคมและวัฒนธรรมที่ซ้อนทับกัน ในมิติของ ปัจจัยทางสังคม งานวิจัยจำนวนมากพบว่าการสนับสนุนทางสังคม (Social Support) มีบทบาทต่อการดูแลสุขภาพและการปรับตัวของบุคคล โดยเฉพาะจากครอบครัว เพื่อน และชุมชน [3-6] การรับรู้ว่าตนเองได้รับความช่วยเหลือและการดูแลทำให้บุคคลมีแรงจูงใจในการรักษาพฤติกรรมสุขภาพที่ดีขึ้น [7] ขณะเดียวกันในสังคมไทย ความเข้มแข็งของเครือข่ายครอบครัวและบทบาทของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนพฤติกรรมสุขภาพในระดับชุมชน ในมิติของปัจจัยทางวัฒนธรรม [8] ชี้ให้เห็นว่าค่านิยมทางวัฒนธรรม เช่น มิติกลุ่มนิยม–ปัจเจกนิยม ระยะห่างอำนาจ หรือการหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอน ล้วนมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจและพฤติกรรมของบุคคล [9] ในบริบทของชุมชนท้องถิ่น ค่านิยมเหล่านี้สะท้อนผ่านบทบาทของครอบครัว การยอมรับผู้นำชุมชน และความเชื่อทางศาสนา ซึ่งส่งผลต่อการปฏิบัติด้านสุขภาพและการตอบสนองต่อความเสี่ยงทางสุขภาพ เช่น การระบาดของโรคใหม่ ๆ [10]. เพื่อการพัฒนาผู้ปฏิบัติงานที่มีสมรรถนะด้านวัฒนธรรม (Cultural Competence Taxonomy) ได้มีการนำเสนอเป็นแนวทางในการสร้าง

บุคลากรที่สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมกับความหลากหลายทางสังคมและวัฒนธรรม โดยมีรากฐานจากอนุกรมวิธานเชิงประสบการณ์ของ Steinaker และ Bell ที่เชื่อมโยงมิติทางปัญญา อารมณ์ และพฤติกรรม โมเดลนี้ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ความตระหนักด้านวัฒนธรรม (cultural awareness), ความรู้ด้านวัฒนธรรม (Cultural Knowledge) ความเข้าใจด้านวัฒนธรรม (Cultural Understanding), ความอ่อนไหวต่อวัฒนธรรม (Cultural Sensitivity), และสมรรถนะทางวัฒนธรรม (Cultural Competence) การพัฒนาสมรรถนะเหล่านี้ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจและจัดการกับอิทธิพลของปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมต่อพฤติกรรมสุขภาพของคนในชุมชน ได้อย่างรอบด้าน ไม่ว่าจะเป็นบทบาทของค่านิยม ความเชื่อ การจัดโครงสร้างอำนาจภายในครอบครัวและชุมชน หรือการสร้างอัตลักษณ์ทางสังคมที่มีผลต่อการตัดสินใจด้านสุขภาพ ทั้งนี้ การเน้นการประยุกต์ใช้เชิงปฏิบัติ (Praxis-Oriented) ทำให้สามารถแปลงองค์ความรู้ทางทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดข้อจำกัดจากการมองวัฒนธรรมเพียงแค่เชื้อชาติหรือชาติพันธุ์ และเปิดโอกาสให้เข้าใจมิติทางวัฒนธรรมที่ลึกซึ้งและพลวัตมากขึ้น อันจะนำไปสู่การพัฒนากลยุทธ์และมาตรการด้านการดูแลสุขภาพที่ตอบสนองต่อความต้องการที่แท้จริงของชุมชนได้ดียิ่งขึ้น [11]

นอกจากนี้ พฤติกรรมสุขภาพยังถูกกำหนดโดยทั้งปัจจัยภายในและภายนอก งานวิจัยชี้ว่าปัจจัยประชากรศาสตร์ เช่น เพศ อายุ การศึกษา และรายได้ มีผลต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ โดยกลุ่มที่ได้รับการสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชนมักมีแนวโน้มที่จะปฏิบัติสุขภาพได้ดีขึ้น [12-14] ในชุมชนชนบทไทย เช่น ตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ความสัมพันธ์เชิงสังคม วัฒนธรรมการเกื้อกูล และบทบาทของ อสม. ล้วนเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพของประชาชน พฤติกรรมสุขภาพของบุคคลไม่ได้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของปัจเจกเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลจากอิทธิพลหลายระดับตามแนวคิดเชิงนิเวศวิทยาสังคม (Social Ecological Model: SEM) และทฤษฎีอิทธิพลสามประการ (Theory of Triadic Influence: TTI) ที่ชี้ว่าปัจจัยส่วนบุคคล ความสัมพันธ์ทางสังคม วัฒนธรรม และนโยบาย ล้วนหลอมรวมกันและกำหนดพฤติกรรมสุขภาพ ในบริบทของตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ปัจจัยทางสังคม เช่น ครอบครัว เพื่อน เครือข่ายชุมชน รวมทั้งบทบาทของอาสาสมัครสาธารณสุข มีส่วนช่วยส่งเสริมการดูแลสุขภาพ ขณะที่ปัจจัยทางวัฒนธรรม เช่น ค่านิยม ความเชื่อ และบทบาทของผู้นำท้องถิ่น มีอิทธิพลต่อทัศนคติและการปฏิบัติด้านสุขภาพของประชาชน ดังนั้น พฤติกรรมสุขภาพจึงเป็นผลจากการ บูรณาการของปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจพลวัตของการดูแลสุขภาพในชุมชน จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมมีบทบาทอย่างยิ่งต่อการดูแลสุขภาพของประชาชน และเป็นเงื่อนไขสำคัญในการออกแบบมาตรการส่งเสริมสุขภาพที่เหมาะสมกับบริบทชุมชน จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศพบว่า “ปัจจัยทางสังคม” และ “ปัจจัยทางวัฒนธรรม” มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมป้องกันสุขภาพ อย่างไรก็ดี ยังขาดการศึกษาที่พิจารณาปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมพร้อมกันในบริบทชุมชนชนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยใช้กรอบทฤษฎี SEM/TTI และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรมที่มีต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพซึ่งเป็นช่องว่าง (Research Gap) ที่ผู้วิจัยมุ่งศึกษาตอบโจทย์ในพื้นที่ตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม

จากเหตุผลดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรมที่มีต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของประชาชนตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม โดยมีคำถามวิจัยคือปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรมมีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของประชาชนในชุมชนหรือไม่ เพียงใด จากคำถามงานวิจัยดังกล่าวจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางสังคม ปัจจัยทางวัฒนธรรม และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ และเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการดูสุขภาพของคนในชุมชน ซึ่งผลการศึกษาจะช่วยสร้างความเข้าใจเชิงประจักษ์และสามารถนำไปสู่การกำหนดแนวทางเชิงนโยบายและการปฏิบัติด้านสุขภาพที่เหมาะสมและยั่งยืนในชุมชนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยทางสังคม ปัจจัยทางวัฒนธรรม และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการดูสุขภาพของคนในชุมชน

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเชิงนิเวศวิทยาสังคม (Social Ecological Model)

แบบจำลองเชิงนิเวศทางสังคม (Social Ecological Model: SEM) พัฒนาขึ้นจากแนวคิดระบบนิเวศของ และต่อยอดโดย McLeroy et al. (1988) และ Townsend & Foster Townsend and Foster [15] โดยเน้นว่าพฤติกรรมสุขภาพของบุคคลได้รับอิทธิพลจากหลายระดับ ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล (ความรู้ ทัศนคติ และทักษะ) ปัจจัยระหว่างบุคคล (เครือข่ายสังคม ครอบครัว เพื่อน) ปัจจัยระดับองค์กร (สถาบันและบริการสุขภาพในพื้นที่) ปัจจัยชุมชน (วัฒนธรรมท้องถิ่นและเครือข่ายทางสังคม) และปัจจัยด้านนโยบายสาธารณะ (กฎหมาย มาตรการ และนโยบายด้านสุขภาพ) แนวคิดนี้ชี้ให้เห็นว่าพฤติกรรมสุขภาพในชุมชนไม่ได้เกิดจากการตัดสินใจของปัจเจกเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลลัพธ์ของอิทธิพลหลายมิติที่ซ้อนทับกัน ในทำนองเดียวกัน ทฤษฎีอิทธิพลสามประการ (Theory of Triadic Influence: TTI) Petraitis Flay, Hu [16] พัฒนาขึ้น ได้บูรณาการแนวคิดจาก Bronfenbrenner และ Bandura เพื่ออธิบายพฤติกรรมสุขภาพผ่านเส้นทางอิทธิพลสามระดับ ได้แก่ อิทธิพลใกล้ (Proximal) ที่สะท้อนการรับรู้ความสามารถและเจตนาพฤติกรรม อิทธิพลระดับกลาง (Distal) ที่เกี่ยวข้องกับบรรทัดฐานทางสังคมและการประเมินผลลัพธ์ และอิทธิพลระดับสุดท้าย (Ultimate) ที่ครอบคลุมค่านิยมทางสังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ TTI ยังจำแนกกระแสอิทธิพลออกเป็นสามด้าน ได้แก่ ภายในบุคคล ระหว่างบุคคล และระดับวัฒนธรรม–สิ่งแวดล้อม ซึ่งทั้งหมดมีปฏิสัมพันธ์กันและร่วมกันกำหนดพฤติกรรมสุขภาพ เมื่อนำ SEM และ TTI มาประยุกต์ใช้กับบริบทตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม จะช่วยอธิบายได้ว่าพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของประชาชนในพื้นที่มิได้ถูกกำหนดโดยปัจจัยส่วนบุคคลเพียงประการเดียว แต่ยังได้รับอิทธิพลจากครอบครัว เครือข่ายชุมชน วัฒนธรรมท้องถิ่น และนโยบายด้านสาธารณสุขที่ครอบคลุม ทั้งสองทฤษฎีจึงเป็นฐานสำคัญในการทำความเข้าใจพลวัตของปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมที่ส่งผลต่อการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน และสามารถนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมสุขภาพที่เหมาะสมกับบริบทท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2]

ปัจจัยทางสังคม (Social Factors)

ปัจจัยทางสังคมคือปฏิสัมพันธ์หรือความสัมพันธ์ทางสังคมที่มอบความช่วยเหลือ กำลังใจ หรือความรู้สึกผูกพันระหว่างบุคคลหรือกลุ่มบุคคล โดยมีพื้นฐานอยู่บนการรับรู้ว่าตนเองเป็นที่ห่วงใยหรือได้รับความเอื้ออาทร [17] งานวิจัยจำนวนมากยืนยันว่าการรับรู้การสนับสนุนทางสังคม มีบทบาทสำคัญต่อการปรับตัวเชิงบวกและความเป็นอยู่ที่ดีของบุคคล [18-20] ในบริบทของชุมชนท้องถิ่น แหล่งสำคัญของการสนับสนุนทางสังคม ได้แก่ ครอบครัว เพื่อน และชุมชน [21] ครอบครัวถือเป็นหน่วยพื้นฐานที่ส่งผลโดยตรงต่อการดูแลสุขภาพผ่านบทบาทการให้กำลังใจ ความมั่นคงทางจิตใจ และการสร้างความภาคภูมิใจในตนเอง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุและผู้ป่วยเรื้อรังที่ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิด [22, 23] นอกจากนี้ เพื่อนบ้านและเครือข่ายสังคมยังเป็นแหล่งสนับสนุนที่สำคัญ ช่วยให้เกิดการแบ่งปันข้อมูลด้านสุขภาพ และการส่งเสริมการปฏิบัติด้านสุขภาพที่เหมาะสมในชุมชน [24-26] ในสังคมไทย โดยเฉพาะในตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ความสัมพันธ์ทางสังคมมีรากฐานมาจากวัฒนธรรมชุมชนที่เข้มแข็ง ความผูกพันภายในครอบครัวและชุมชนทำให้การดูแลสุขภาพไม่ใช่เรื่องของปัจเจก แต่เป็นเรื่องของเครือข่ายสังคมที่เกื้อกูลซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะบทบาทของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการให้ความรู้ด้านสุขภาพ ถ่ายทอดข้อมูลสำคัญ และสนับสนุนการเข้าถึงบริการสุขภาพในระดับปฐมภูมิ

นอกจากนี้ การสนับสนุนทางสังคมยังสะท้อนออกมาในมิติทางวัฒนธรรม เช่น ความเชื่อทางศาสนาและค่านิยมการช่วยเหลือกัน ซึ่งมีส่วนสำคัญในการสร้างทัศนคติเชิงบวกต่อการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน สอดคล้องกับแนวคิด

"เจริญรุ่งเรืองผ่านความสัมพันธ์" (Thriving Through Relationships) ที่ชี้ให้เห็นว่าการได้รับการสนับสนุนทางสังคมช่วยส่งเสริมสุขภาวะทั้งทางร่างกาย จิตใจ และสังคม ผ่านการเพิ่มพูนการรับรู้เชิงบวก [27, 28] ดังนั้น การสนับสนุนทางสังคมจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างทางวัฒนธรรมกับพฤติกรรมสุขภาพของคนในชุมชนตำบลกุตาไก้ ซึ่งช่วยให้เข้าใจพลวัตของการดูแลสุขภาพในระดับครอบครัวและชุมชนได้อย่างลึกซึ้ง ดังนั้น ปัจจัยทางสังคมซึ่งสะท้อนผ่านเครือข่ายความสัมพันธ์ การสนับสนุนในระดับครอบครัวและชุมชน ตลอดจนค่านิยมการอยู่ร่วมกัน อาจเป็นกลไกสำคัญที่กำหนดรูปแบบและความต่อเนื่องของพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน ด้วยเหตุนี้ จึงตั้งสมมติฐานว่าปัจจัยทางสังคมอาจมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน

H1 : ปัจจัยทางสังคมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูสุขภาพของคนในชุมชน

ปัจจัยทางวัฒนธรรม (Cultural Factors)

วัฒนธรรมได้รับการพัฒนาให้เป็น อนุกรมวิธานของค่านิยมทางวัฒนธรรม (Cultural Value Taxonomy) เพื่อใช้วัดค่านิยมและความเชื่อพื้นฐานของมนุษย์ ซึ่งกลายเป็นกรอบสำคัญในการทำความเข้าใจอิทธิพลของวัฒนธรรมต่อพฤติกรรมต่าง ๆ รวมถึงพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ งานวิจัยด้านภาษาศาสตร์เชิงคอมพิวเตอร์ (NLP) ได้ให้ความสนใจต่อประเด็น "วัฒนธรรม" อย่างกว้างขวาง แต่ยังขาดความเข้าใจร่วมกันในความหมายของคำนี้ [29, 30] การสร้างอนุกรมวิธานที่ละเอียดและสอดคล้องกันจึงเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางวิชาการ รวมถึงการประยุกต์เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมสุขภาพในระดับชุมชน ในอีกมิติหนึ่ง การแทนค่ามรดกทางวัฒนธรรมผ่านภาพ ทั้งด้วยเครื่องมือดั้งเดิมและเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่แบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ได้สะท้อนให้เห็นความพยายามจัดระบบความรู้และคุณค่าทางวัฒนธรรมเป็นอนุกรมวิธานที่ชัดเจน [31] วิธีคิดเชิงอนุกรมวิธานนี้สามารถประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ค่านิยมและความเชื่อด้านสุขภาพ ซึ่งมักถูกมองว่าเป็นปัจจัยสำคัญของความเหลื่อมล้ำด้านสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มชนกลุ่มน้อยทางเชื้อชาติ/ชาติพันธุ์ที่เผชิญภาระโรคในช่องปากสูงกว่ากลุ่มอื่น [32] การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ความเชื่อและค่านิยมทางวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสุขภาพของชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม เช่น ความเชื่อด้านสาเหตุและการป้องกันโรคส่งผลต่อการเข้าถึงการดูแลสุขภาพช่องปาก การมีผู้ดูแลหลายคนในครอบครัว โดยเฉพาะผู้สูงอายุ มีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจด้านสุขภาพ ขณะที่ความกลัวทันตกรรมจากความเชื่อของชุมชนหรือประสบการณ์เชิงลบส่วนบุคคล ล้วนส่งผลโดยตรงต่อทัศนคติและการเข้ารับการดูแลป้องกัน [33] นอกจากนี้แบบจำลองล่าสุดยังได้ชี้ให้เห็นการเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล เช่น ความวิตกกังวลทั่วไป ความไวต่อสิ่งเร้ามากเกินไป (Sensory Over-responsivity) และความกลัวการทำฟัน (Dental Fear and Anxiety: DFA) กับผลลัพธ์ด้านสุขภาพช่องปาก ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาแผนการแทรกแซงที่เหมาะสม [34]

ขณะเดียวกัน มิติทางวัฒนธรรมในเชิงโครงสร้างสังคม เช่น มิติระยะห่างของอำนาจ อธิบายถึงการยอมรับบทบาทของผู้นำชุมชนหรือบุคลากรสาธารณสุขที่สามารถกำหนดทัศนคติและพฤติกรรมของคนในชุมชนได้ อีกทั้ง มิติการหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอน ยังช่วยอธิบายระดับความกังวลของประชาชนต่อสถานการณ์ที่ไม่สามารถคาดเดาได้ เช่น การระบาดของโรคใหม่ ๆ ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจเข้ารับบริการสุขภาพและการปฏิบัติตามคำแนะนำทางการแพทย์ [29, 30] แม้ว่าแนวคิดทางวัฒนธรรมจำนวนมากถูกพัฒนาขึ้นในระดับชาติ แต่การนำมาประยุกต์ใช้ในระดับชุมชนก็มีคุณค่าอย่างยิ่ง เนื่องจากสามารถอธิบายได้ว่าค่านิยม ความเชื่อ และโครงสร้างทางสังคมวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสุขภาพในชีวิตประจำวันของประชาชนอย่างไร อันจะนำไปสู่การออกแบบมาตรการและการแทรกแซงที่สอดคล้องกับบริบทจริงของชุมชน แต่งานวิจัยในชุมชนตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ยังไม่ได้ทำการศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่ออธิบายปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน อันจะช่วยให้สามารถพัฒนาแนวทางการส่งเสริมสุขภาพที่เหมาะสมกับบริบททางวัฒนธรรมท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ ปัจจัยทางวัฒนธรรมซึ่งสะท้อนผ่านค่านิยม ความเชื่อ และวิถีปฏิบัติร่วมกัน จึงอาจเป็นกลไกสำคัญที่กำหนดรูปแบบและทิศทางของพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน ดังนั้น จึงตั้งสมมติฐานว่าปัจจัยทางวัฒนธรรมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน

H2 : ปัจจัยวัฒนธรรมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูสุขภาพของคนในชุมชน

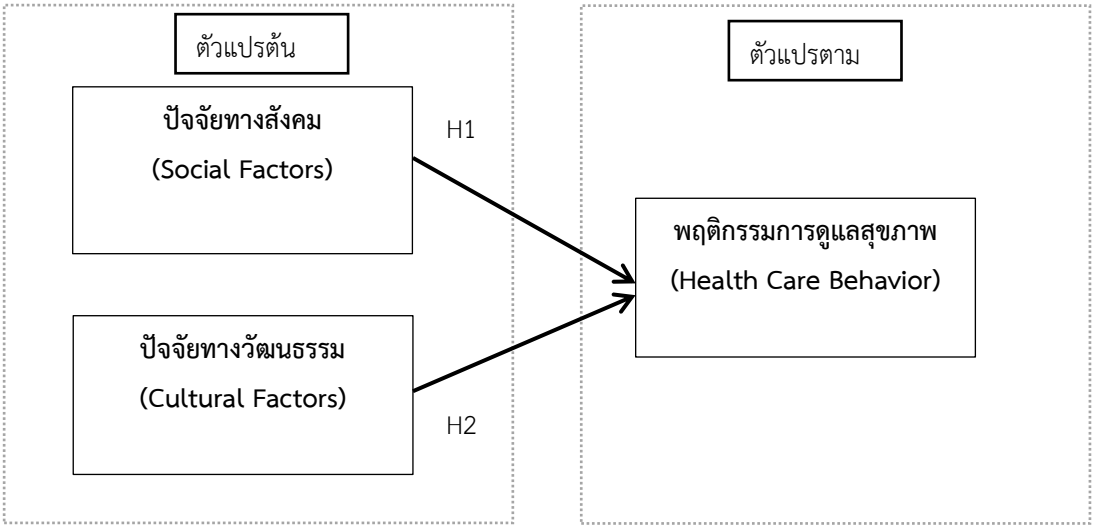
พฤติกรรมด้านสุขภาพ (Health Behavior)

พฤติกรรมด้านสุขภาพ (Health Behavior) ถือเป็นกระบวนการที่บุคคลปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ความเชื่อ และทัศนคติของตนเองไปสู่การมีวิถีชีวิตที่ส่งเสริมสุขภาพ ทั้งในมิติการป้องกันโรค การดูแลสุขภาพ และการปรับตัวต่อสภาวะทางกายและจิตใจ การทบทวนวรรณกรรมชี้ให้เห็นถึง ปัจจัยกำหนดพฤติกรรมสุขภาพทางจิตวิทยา (Psychological Health Behavior Determinants) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการอธิบายและการออกแบบการแทรกแซงด้านสุขภาพ โดยจำแนกออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ปัจจัยที่อิงความเชื่อ ปัจจัยด้านการกำกับตนเอง กระบวนการที่ไม่ตระหนักรู้ และปัจจัยเชิงบุคลิกภาพ ซึ่งแต่ละปัจจัยส่งผลต่อพฤติกรรมสุขภาพในระดับที่แตกต่างกัน และสัมพันธ์กับกลไกทางทฤษฎี ตลอดจนเงื่อนไขเชิงบริบทที่อาจเสริมสร้างหรือบั่นทอนผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น [35] สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 เป็นตัวอย่างสำคัญที่สะท้อนอิทธิพลของปัจจัยทางจิตวิทยาและสังคมต่อพฤติกรรมด้านสุขภาพ โดยมีหลักฐานว่าประชากรกลุ่มเด็กและวัยรุ่นร้อยละ 18–60 อยู่ในภาวะเสี่ยงต่อความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า อีกทั้งยังพบการใช้เวลาหน้าจอและสื่อสังคมออนไลน์ที่เพิ่มขึ้นควบคู่กับการมีกิจกรรมทางกายลดลง [36] ขณะเดียวกัน ความเชื่อเชิงสมคบคิดเกี่ยวกับโควิด-19 ก็มีความสัมพันธ์เชิงลบกับพฤติกรรมการป้องกันสุขภาพ และความสัมพันธ์เชิงบวกกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นแหล่งข้อมูล ในทางตรงกันข้าม การใช้สื่อกระจายเสียง (Broadcast Media) กลับมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปฏิบัติตามพฤติกรรมป้องกันสุขภาพ [37] สิ่งเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าความเชื่อและแหล่งข้อมูลข่าวสารเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดทิศทางของพฤติกรรมด้านสุขภาพในสังคม

ในอีกด้านหนึ่ง งานวิจัยเกี่ยวกับ พฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านม พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับความรู้ การรับรู้ความไวต่อโรค การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค ความสามารถตนเอง (Self-Efficacy) และสิ่งกระตุ้นให้เกิดการปฏิบัติ (Cues to Action) ผลลัพธ์เหล่านี้สะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนา โครงการให้ความรู้เชิงระบบ ที่สามารถสร้างความตระหนักและคำนึงถึงปัจจัยด้านความเชื่อสุขภาพ เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการป้องกันโรคในสตรีอย่างมีประสิทธิภาพ [38] ในบริบทของโรคเรื้อรัง เช่น เบาหวาน การจัดการพฤติกรรมและการดูแลสุขภาวะทางจิตใจ ถือเป็นรากฐานสำคัญในการบรรลุเป้าหมายการรักษา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ การให้ความรู้และการสนับสนุนการจัดการตนเองของผู้ป่วย (DSMES) การบำบัดด้วยโภชนาการทางการแพทย์ (MNT) การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ การเลิกสูบบุหรี่ และการดูแลด้านจิตสังคม โดยการดูแลที่มีผู้ป่วยเป็นศูนย์กลาง (Person-Centered Collaborative Care) ผ่านการตัดสินใจร่วมกันระหว่างผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์ จะช่วยให้ผู้ป่วยเข้าถึงทรัพยากรที่จำเป็น และสามารถติดตามผลลัพธ์ทางการแพทย์ พฤติกรรมสุขภาพ และสุขภาพจิตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงที่คุณภาพชีวิตมีแนวโน้มถดถอย [39] จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมด้านสุขภาพเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการบูรณาการของปัจจัยทางจิตวิทยา ความเชื่อส่วนบุคคล และโครงสร้างทางสังคมและวัฒนธรรม การทำความเข้าใจองค์ประกอบเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนามาตรการส่งเสริมสุขภาพ การออกแบบการแทรกแซง และการจัดระบบการดูแลสุขภาพที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชนและสังคมในปัจจุบัน นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการดูแลสุขภาพมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรม เช่น บทบาทของครอบครัว เครือญาติ เพื่อนบ้าน รวมถึงอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ที่ทำหน้าที่ทั้งให้ความรู้ ให้กำลังใจ และส่งเสริมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของประชาชนในชุมชน รวมถึงค่านิยมทางวัฒนธรรม เช่น การช่วยเหลือเกื้อกูล ความเชื่อทางศาสนา และการยอมรับในคำแนะนำของผู้นำชุมชน ยังมีบทบาทสำคัญในการผลักดันให้ประชาชนเกิดการปรับตัวและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพอย่างยั่งยืน

จากการทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิดทางทฤษฎี ผู้วิจัยได้พัฒนาโมเดลงานวิจัยเชิงสมมติฐานที่มุ่งอธิบายอิทธิพลของปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรมต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน โดยโมเดลประกอบด้วยตัวแปรต้น 2 ตัว ได้แก่ ปัจจัยทางสังคม (Social Factors) และ ปัจจัยทางวัฒนธรรม (Cultural Factors) ซึ่งคาดว่าจะส่งผลโดยตรงต่อ พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ (Health Care Behavior) ของคนในชุมชนตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัด

นครพนม ทั้งนี้ การกำหนดสมมติฐานวิจัยได้พิจารณาจากแนวคิดทางทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยตั้งสมมติฐานว่า (H1) ปัจจัยทางสังคมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน และ (H2) ปัจจัยทางวัฒนธรรมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน กรอบแนวคิดงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นจึงสะท้อนให้เห็นถึงกลไกเชิงสาเหตุระหว่างโครงสร้างทางสังคมและวัฒนธรรมกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ ซึ่งสามารถนำไปทดสอบเชิงประจักษ์ในบริบทของชุมชนตำบลกุตาไก้ได้อย่างเหมาะสม ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือประชาชนที่อาศัยอยู่ในตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม จำนวนทั้งสิ้น 7,465 คน ตามทะเบียนราษฎรขององค์การบริหารส่วนตำบลกุตาไก้ ผู้ให้ข้อมูลที่ถูกกำหนดเกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ ผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป อาศัยอยู่ในพื้นที่อย่างน้อย 6 เดือน และให้ความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณตามสูตรของ [40] สำหรับการประมาณสัดส่วนใช้ค่าสัดส่วน p = 0.50 ตามแนวทางเมื่อไม่ทราบค่าจริง (Cochran, 1977) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5% จึงได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 384 คน วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ(Stratified Random Sampling) โดยขั้นแรกแบ่งตำบลกุตาไก้ตามหมู่บ้านทั้งหมดเป็นชั้น (Strata) จำนวน 13 หมู่บ้าน และกำหนดจำนวนตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้านตามสัดส่วนประชากร (Proportional Allocation) ขั้นที่สองสุ่มครัวเรือนภายในหมู่บ้านด้วยการสุ่มเป็นระบบ (Systematic Random Sampling) และขั้นสุดท้ายสุ่มเลือกผู้ให้ข้อมูลหนึ่งคนต่อครัวเรือน โดยคัดกรองผู้มีสิทธิ์ (อายุ ≥ 15 ปี อาศัย ≥ 6 เดือน) คัดเลือกผู้ตอบ 1 คน ซึ่งในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจริง พบว่า มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 451 คน และสอดคล้องกับเกณฑ์การพิจารณาว่าการมีจำนวนผู้ตอบที่มากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่กำหนดถือเป็นสิ่งที่ช่วยเสริมความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย [41]

3. การคุ้มครอง การวิจัยครั้งนี้ให้ความสำคัญกับจรรยาบรรณทางการวิจัย โดยผู้วิจัยเคารพสิทธิ ความเป็นส่วนตัว และการรักษาความลับของผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างเคร่งครัด ก่อนการเก็บข้อมูล คณะผู้วิจัยจะแนะนำตนเอง ชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน และระยะเวลาการวิจัย รวมถึงสิทธิในการยินยอมหรือปฏิเสธการเข้าร่วมโดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ผู้เข้าร่วมสามารถยุติการมีส่วนร่วมได้ตลอดเวลา ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บรักษาอย่างปลอดภัย ไม่มีการเปิดเผยชื่อ นามสกุล หรือที่อยู่ของผู้ให้ข้อมูล และจะนำเสนอผลการวิจัยในลักษณะที่ไม่สามารถระบุตัวตนได้

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ ใช้รูปแบบคำถามปลายปิดแบบตัวเลือก (Multiple Choice Questions) ส่วนที่ 2 ปัจจัยทางสังคม ดำเนินการสร้างข้อคำถามจากแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมจำนวน 6 ข้อ ใช้รูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ส่วนที่ 3 ปัจจัยทางวัฒนธรรม ดำเนินการสร้างข้อคำถามจากแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมจำนวน 6 ข้อ ใช้รูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ ดำเนินการสร้างข้อคำถามจากแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมจำนวน 10 ข้อ ใช้รูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยดำเนินการลงพื้นที่จริงเพื่อแจกจ่ายแบบสอบถามแก่ประชาชนในเขตพื้นที่ศึกษา และชี้แจงหรืออธิบายข้อสงสัยเกี่ยวกับคำถามได้โดยตรง

5. วิธีการเก็บข้อมูล หรือ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ โดยมีขั้นตอนดังนี้

5.1) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยผ่านการตรวจสอบคุณภาพ 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญด้านสุขภาพและสังคม โดยทุกข้อพบว่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 [42] (2) ความเชื่อมั่น จากการทดสอบนำร่อง 30 คนก่อนการเก็บข้อมูลจริง ได้ทดสอบนำร่องแบบสอบถามกับผู้มีคุณสมบัติตามเกณฑ์อายุ ≥ 18 ปี จำนวน 30 คน ในหมู่บ้านที่มีลักษณะประชากรใกล้เคียงภายในตำบลอื่น (หมู่บ้านที่ไม่ถูกรวมอยู่ในกลุ่มตัวอย่างหลัก) เพื่อประเมินความชัดเจนของข้อคำถามและระยะเวลาในการตอบ ก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง ซึ่งมีค่า Cronbach's Alpha รวมทั้งฉบับ = 0.89 และรายตัวแปร ค่าความเชื่อมั่นได้แก่ ปัจจัยทางสังคม α = 0.86, ปัจจัยทางวัฒนธรรม α = 0.83, และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ α = 0.90 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [43] และ (3) ความตรงเชิงโครงสร้าง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) พบค่า KMO = 0.82, Bartlett's Test of Sphericity มีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) และค่า factor loading อยู่ระหว่าง 0.62–0.85 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ สรุปได้ว่าแบบสอบถามมีคุณภาพเหมาะสมต่อการเก็บข้อมูลจริง

5.2) ขออนุญาตและการประสานงานในพื้นที่ ผู้วิจัยได้จัดทำหนังสือบันทึกถึงผู้นำชุมชนตำบลกุตาไก้ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม เพื่อขออนุญาตดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูลในพื้นที่ จากนั้นได้เชิญอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เข้าร่วมประชุมเพื่อชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการสนับสนุนการเก็บข้อมูลภาคสนามในแต่ละพื้นที่

5.3) การชี้แจงกลุ่มตัวอย่างและการขอความยินยอม ก่อนเริ่มการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย สิทธิในการเข้าร่วมหรือปฏิเสธการเข้าร่วมได้ทุกขั้นตอน ความสมัครใจในการให้ข้อมูล รวมถึงการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล โดยข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บรักษาอย่างเคร่งครัด และนำเสนอในลักษณะภาพรวมเชิงสถิติ โดยไม่เปิดเผยชื่อหรือข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนของผู้ให้ข้อมูลได้ ทั้งนี้ ได้ขอความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนการตอบแบบสอบถาม

5.4) การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม ผู้วิจัยได้ดำเนินการแจกแบบสอบถามให้แก่กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้รูปแบบการตอบด้วยตนเอง (Self-administered Questionnaire) และคอยให้คำแนะนำในกรณีที่ผู้ตอบมีข้อสงสัย เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ตอบเข้าใจคำถามได้อย่างถูกต้อง เพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มผู้รับบริการที่มีความหลากหลายตามช่วงเวลา

5.5) โครงสร้างของแบบสอบถาม แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางสังคม วัฒนธรรม และพฤติกรรมสุขภาพ โดยใช้มาตราส่วนลิเคิร์ต 5 ระดับ (Likert Scale) ในการประเมินระดับความคิดเห็น

5.6) การตรวจสอบและบันทึกข้อมูล หลังการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม บันทึกข้อมูลลงในระบบอิเล็กทรอนิกส์ และส่งให้คณะอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของข้อมูล

5.7 การศึกษาครั้งนี้เป็นการสำรวจเชิงปริมาณความเสี่ยงต่ำ เก็บข้อมูลแบบไม่ระบุตัวตนและไม่เกี่ยวข้องกับการแทรกแซงทางคลินิก จึงไม่ได้ยื่นขอรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยกับมนุษย์ อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามหลักจริยธรรมการวิจัยกับมนุษย์และกฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลอย่างเคร่งครัด โดยผู้เข้าร่วมให้ความยินยอมโดยสมัครใจก่อนตอบแบบสอบถาม ข้อมูลถูกเก็บรักษาอย่างปลอดภัยและนำเสนอเฉพาะในภาพรวมโดยไม่สามารถระบุตัวตนได้

6. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณา ใช้การแจกแจงความถี่โดยใช้ร้อยละในการแจกแจงตัวแปรเชิงกลุ่ม ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ โดยนำเสนอผลค่า β (ความสัมพันธ์ของตัวแปร) ค่า R^2 (ความสามารถในการทำนาย) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านสถิติในการวิเคราะห์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษาปัจจัยทางสังคม ปัจจัยทางวัฒนธรรม และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปและข้อมูลระดับความคิดเห็น ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ส่วนใหญ่ผู้ตอบส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 311 คน คิดเป็นร้อยละ 68.96 เมื่อพิจารณาด้านอายุ พบว่ากลุ่มอายุที่มากกว่า 50 ปี มีจำนวนสูงสุด 273 คน คิดเป็นร้อยละ 60.53 รองลงมาคือกลุ่มอายุ 41–50 ปี จำนวน 108 คน คิดเป็นร้อยละ 23.95 และอายุต่ำกว่า 20 ปี มีเพียง 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.44 สำหรับด้านระดับการศึกษา ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา จำนวน 231 คน คิดเป็นร้อยละ 51.22 รองลงมาคือมัธยมศึกษา จำนวน 191 คน คิดเป็นร้อยละ 42.35 ขณะที่การศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่า พบเพียง 8 คน คิดเป็นร้อยละ 1.77 ด้านอาชีพ พบว่าเกือบทั้งหมดประกอบอาชีพเกษตรกรรม จำนวน 399 คน คิดเป็นร้อยละ 88.47 รองลงมาคือพ่อค้า/แม่ค้า 10 คน คิดเป็นร้อยละ 2.22 และอาชีพรับจ้างทั่วไป 16 คน คิดเป็นร้อยละ 3.55 เมื่อพิจารณารายได้เฉลี่ยต่อเดือน พบว่าผู้ตอบส่วนใหญ่มีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาท จำนวน 366 คน คิดเป็นร้อยละ 81.15 รองลงมาคือกลุ่มที่มีรายได้ 10,001–15,000 บาท จำนวน 67 คน คิดเป็นร้อยละ 14.86 ส่วนผู้ที่มีรายได้มากกว่า 20,000 บาท พบเพียง 7 คน คิดเป็นร้อยละ 1.55 ด้านพื้นที่อาศัยของผู้ตอบ พบว่า มีการกระจายอยู่ในหลายหมู่บ้าน โดยหมู่ที่ 2 มีผู้ตอบมากที่สุด จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 15.96 รองลงมาคือหมู่ที่ 3 จำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 13.75 และหมู่ที่ 4 จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 13.30 ตามลำดับ

2) ผลการศึกษาปัจจัยทางสังคม ปัจจัยทางวัฒนธรรม และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อปัจจัยทางสังคมในระดับ มาก ($\bar{x}$= 4.11, S.D. = 0.878) โดยข้อที่ได้รับค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ “สมาชิกในครอบครัวของท่านให้ความร่วมมือในการดูแลสุขภาพของกันและกัน” ($\bar{x}$= 4.18, S.D. = 0.878) รองลงมาคือ “ท่านได้รับข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพจากคนในชุมชน เช่น เพื่อนบ้าน อสม. หรือผู้นำหมู่บ้าน” ($\bar{x}$= 4.17, S.D. = 0.984) และ “ความสัมพันธ์ที่ดีในชุมชนช่วยให้ท่านมีสุขภาพจิตดีขึ้น” ($\bar{x}$= 4.15, S.D. = 0.971) ส่วนข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ “การมีผู้นำชุมชนที่ใส่ใจสุขภาพมีส่วนช่วยให้ท่านดูแลสุขภาพตนเองดีขึ้น” ($\bar{x}$= 4.02, S.D. =

0.955) แต่ยังคงอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าทุกปัจจัยทางสังคมมีส่วนเกื้อหนุนต่อการดูแลสุขภาพของคนในชุมชน

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยทางสังคม(n= 451)

ปัจจัยทางสังคม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น	ลำดับที่
ท่านได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อนบ้านเมื่อมีปัญหาสุขภาพหรือเหตุฉุกเฉิน	4.04	0.952	มาก	5
สมาชิกในครอบครัวของท่านให้ความร่วมมือในการดูแลสุขภาพของกันและกัน	4.18	0.986	มาก	1
ท่านมีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมชุมชนที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ เช่น ตรวจสุขภาพ เคลื่อนไหวร่างกาย หรืออบรมความรู้สุขภาพ]	4.08	1.021	มาก	6
การมีผู้นำชุมชนที่ใส่ใจสุขภาพมีส่วนช่วยให้ท่านดูแลสุขภาพตนเองดีขึ้น	4.02	0.955	มาก	4
ท่านได้รับข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพจากคนในชุมชน เช่น เพื่อนบ้าน อสม. หรือผู้นำหมู่บ้าน	4.17	0.984	มาก	2
ความสัมพันธ์ที่ดีในชุมชนช่วยให้ท่านมีสุขภาพจิตดีขึ้น	4.15	0.971	มาก	3
รวม	**4.11**	**0.878**	มาก	

ตารางที่ 2 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อปัจจัยทางวัฒนธรรมโดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$= 3.75, S.D. = 0.774) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ “การปฏิบัติตามวิถีชีวิตดั้งเดิม เช่น การเคารพผู้ใหญ่ การอยู่ร่วมกันหลายรุ่นในครอบครัว มีผลต่อความรู้สึกมั่นคงและสุขภาพของท่าน” ($\bar{x}$= 3.99, S.D. = 1.038) รองลงมา คือ “กิจกรรมทางวัฒนธรรม เช่น การฟังธรรมะ การสวดมนต์ หรือการทำบุญ มีส่วนช่วยให้สุขภาพจิตของท่านดีขึ้น” ($\bar{x}$= 3.96, S.D. = 1.077) และ “การเข้าร่วมงานบุญหรือพิธีกรรมทางศาสนา” ($\bar{x}$= 3.92, S.D. = 0.997) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าปัจจัยด้านวัฒนธรรมมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิตของคนในชุมชน ขณะที่ข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ “ความเชื่อเกี่ยวกับโรคภัย เช่น โรคเกิดจากกรรมหรือสิ่งลี้ลับ” ($\bar{x}$= 3.32, S.D. = 1.014) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าความเชื่อเชิงเหนือธรรมชาติยังคงมีอิทธิพล แต่ลดลงเมื่อเทียบกับปัจจัยทางวัฒนธรรมด้านอื่น ๆ

ตารางที่ 3 พบว่า พฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชนตำบลกุตาไก้โดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 3.63, S.D. = 0.774) โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ “การนอนหลับพักผ่อนอย่างเพียงพอ” ($\bar{x}$= 4.12, S.D. = 1.140) รองลงมาคือ “ความสุขหรือความพึงพอใจในชีวิต” ($\bar{x}$= 4.05, S.D. = 1.157) และ “ความรู้สึกว่าร่างกายแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้ชีวิตประจำวัน” ($\bar{x}$= 3.90, S.D. = 1.075) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมการดูแลสุขภาพที่ดีทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ขณะที่ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ “การรู้สึกเครียด วิตกกังวล หรือหงุดหงิด” ($\bar{x}$= 2.84, S.D. = 1.165) แสดงให้เห็นถึงความท้าทายด้านสุขภาพจิตและภาวะเจ็บป่วยที่ยังคงมีอยู่ในกลุ่มคนบางส่วนของชุมชน

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยทางวัฒนธรรม(n= 451)

ปัจจัยทางวัฒนธรรม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น	ลำดับที่
ท่านยังคงเชื่อและใช้สมุนไพรหรือภูมิปัญญาพื้นบ้านในการดูแลสุขภาพ	3.57	0.815	มาก	5
การเข้าร่วมงานบุญหรือพิธีกรรมทางศาสนาช่วยให้ท่านรู้สึกผ่อนคลายหรือมีจิตใจที่สงบขึ้น	3.92	0.997	มาก	3
ท่านรับประทานอาหารพื้นบ้านตามวิถีดั้งเดิม ซึ่งเชื่อว่าดีต่อสุขภาพ	3.80	0.940	มาก	4
ความเชื่อของท่านเกี่ยวกับโรคภัย เช่น โรคเกิดจากกรรม หรือสิ่งลี้ลับ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจรักษา	3.32	1.014	ปานกลาง	6
กิจกรรมทางวัฒนธรรม เช่น การฟังธรรมะ การสวดมนต์ หรือการทำบุญ มีส่วนช่วยให้สุขภาพจิตของท่านดีขึ้น	3.96	1.077	มาก	2
การปฏิบัติตามวิถีชีวิตดั้งเดิม เช่น การเคารพผู้ใหญ่ การอยู่ร่วมกันหลายรุ่นในครอบครัว มีผลต่อความรู้สึกมั่นคงและสุขภาพของท่าน	3.99	1.038	มาก	1
รวม	**3.75**	**0.774**	**มาก**	

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ (n= 451)

พฤติกรรมการดูสุขภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น	ลำดับที่
ท่านรู้สึกว่าร่างกายของท่านแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้ชีวิตประจำวัน	3.90	1.075	มาก	3
ท่านมีอาการเจ็บป่วยหรือไม่สบาย	2.96	1.072	ปานกลาง	9
ท่านสามารถทำงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ได้โดยไม่รู้สึกเหนื่อยล้าเกินไป	3.37	1.014	มาก	8
ท่านออกกำลังกายหรือเคลื่อนไหวร่างกายเป็นประจำ	3.86	1.068	มาก	6
ท่านรับประทานอาหารครบ 3 มื้อและถูกสุขลักษณะ	3.89	1.142	มาก	4
ท่านรู้สึกเครียด วิตกกังวล หรือหงุดหงิด	2.84	1.165	ปานกลาง	10
ท่านสามารถควบคุมอารมณ์ของตนเองได้ดีเมื่อพบเจอปัญหาหรือเหตุการณ์ไม่คาดฝัน	3.47	1.096	มาก	7
ท่านมีคนในครอบครัวหรือเพื่อนที่สามารถพูดคุยหรือให้กำลังใจเมื่อรู้สึกไม่สบายใจ	3.87	1.085	มาก	5
ท่านรู้สึกมีความสุขหรือพึงพอใจกับชีวิตของตนเอง	4.05	1.157	มาก	2
ท่านสามารถนอนหลับพักผ่อนได้อย่างเพียงพอ	4.12	1.140	มาก	1
รวม	**3.63**	**0.774**	**มาก**	

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการดูสุขภาพของคนในชุมชน ผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4 พบว่า ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณพบว่า ปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรม สามารถร่วมกันทำนายพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชนตำบลกุตาไก้ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 161.534, *p*-value= 0.001) โดยมีค่า R = 0.647 สะท้อนถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในระดับค่อนข้างสูง อีกทั้งมีค่า R^2 =

0.419 แสดงว่าปัจจัยทั้งสองสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมการดูแลสุขภาพได้ร้อยละ 41.9 ขณะที่ค่า Adjusted R^2 = 0.416 ยืนยันว่าแบบจำลองถดถอยที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมและมีเสถียรภาพ สามารถใช้ในการอธิบายและทำนายพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรมต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ

ตัวแปร	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients				Collinearity Statistics	
	B	Std.Error	**β**	t	*p*-value	Tolerance	VIF
(ค่าคงที่)	1.110	0.144		7.689	0.001*		
ปัจจัยทางสังคม	0.373	0.049	0.423	7.672	0.001*	0.426	2.348
ปัยยทางวัฒนธรรม	0.265	0.055	0.265	4.794	0.001*	0.426	2.348
ค่าคงที่ (Constant) =1.110							
R= 0.647	R^2=0.419	Adjust R^2 = 0.416		SE_{est}=0.591			
F=161.534	Sing of F =0.001						

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Coefficients) พบว่า ปัจจัยทางสังคม มีอิทธิพลเชิงบวกต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ (B = 0.373, **β**= 0.423, t = 7.672, *p* = .001) แสดงว่าหากปัจจัยทางสังคมเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้พฤติกรรมการดูแลสุขภาพเพิ่มขึ้น 0.373 หน่วย โดยเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัวแปรอื่น ปัจจัยทางวัฒนธรรม มีอิทธิพลเชิงบวกต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ (B = 0.265, **β** = 0.265, t = 4.794, *p* = .001) แสดงว่า หากปัจจัยทางวัฒนธรรมเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้พฤติกรรมการดูแลสุขภาพเพิ่มขึ้น 0.265 หน่วย การตรวจสอบปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพหุคูณ (Multicollinearity) พบว่า ค่า Tolerance ของทั้งสองตัวแปรเท่ากับ 0.426 และค่า VIF = 2.348 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 10 (Hair et al., 2019) แสดงว่าไม่มีปัญหา Multicollinearity ในการวิเคราะห์ครั้งนี้

ดังนั้น สามารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณในรูปแบบ Unstandardized ได้ดังนี้

พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ = 1.110 + 0.373 (ปัจจัยทางสังคม)+ 0.265 (ปัจจัยทางวัฒนธรรม)

สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรมมีอิทธิพลเชิงบวกต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชนตำบลกุตาไก้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมสุขภาพได้ถึงร้อยละ 41.9 สะท้อนว่าพฤติกรรมสุขภาพมิได้เป็นผลจากการตัดสินใจของปัจเจกเพียงลำพัง แต่เป็นพลวัตที่เกิดจากปัจจัยเชิงโครงสร้างทางสังคมและวัฒนธรรมที่โอบล้อมอยู่รอบด้าน (McLeroy et al., 1988; Nyambe et al., 2016) ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยทางสังคมมีอิทธิพลสูงที่สุด ซึ่งตอกย้ำบทบาทของครอบครัว เพื่อนบ้าน ผู้นำชุมชน และเครือข่ายทางสังคมที่ช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจและกำหนดทิศทางการดูแลสุขภาพในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับแนวคิดทุนทางสังคมที่อธิบายว่าความสัมพันธ์และการสนับสนุนทางสังคมสามารถสร้างพลังร่วมในการแก้ไขปัญหาสุขภาพ [32] รวมถึงงานวิจัยที่ยืนยันว่าการสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชนมีบทบาทสำคัญต่อการปรับตัวและการรักษาสุขภาวะ โดยเฉพาะในสังคมไทยที่ครอบครัว เครือญาติ และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เป็นกลไกหลักในการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพ

ในอีกด้านหนึ่ง ปัจจัยทางวัฒนธรรมก็มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยสะท้อนผ่านความเชื่อ ประเพณี และวิถีชีวิตชุมชน เช่น การใช้สมุนไพรพื้นบ้าน การเข้าร่วมกิจกรรมทางศาสนา และการดำเนินชีวิตตามวิถีดั้งเดิม

แม้ความเชื่อเหนือธรรมชาติ เช่น โรคเกิดจากกรรมหรือสิ่งลี้ลับจะลดบทบาทลง แต่ยังคงมีอิทธิพลบางส่วน สอดคล้องกับแนวคิด Cultural Health Belief System ที่อธิบายว่าค่านิยมและความเชื่อร่วมกันในชุมชนส่งผลต่อการรับรู้ การวินิจฉัย และการเลือกแนวทางการรักษาของบุคคล ผลลัพธ์ดังกล่าวยังสะท้อนความเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิดเชิงนิเวศวิทยาสังคม (SEM) ที่ชี้ว่าพฤติกรรมสุขภาพของบุคคลเป็นผลจากอิทธิพลหลายระดับ ตั้งแต่บุคคล ครอบครัว ชุมชน ไปจนถึงนโยบายสาธารณะ รวมทั้งสอดคล้องกับทฤษฎีอิทธิพลสามประการ (TTI) ที่อธิบายว่าพฤติกรรมสุขภาพเกิดจากการผสมผสานของอิทธิพลใกล้ (Proximal) เช่น การรับรู้ความสามารถตนเอง อิทธิพลระดับกลาง (distal) เช่น บรรทัดฐานทางสังคม และอิทธิพลระดับสุดท้าย (Ultimate) เช่น ค่านิยมวัฒนธรรม

โดยสรุป การศึกษาครั้งนี้ไม่เพียงยืนยันผลลัพธ์ของงานวิจัยก่อนหน้า แต่ยังตอกย้ำความสำคัญของการผสมผสานปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมในการกำหนดพฤติกรรมสุขภาพของประชาชนในชุมชนชนบทไทย ซึ่งมีนัยสำคัญต่อการกำหนดมาตรการและนโยบายส่งเสริมสุขภาพในระดับชุมชน โดยควรเน้นการสร้างการมีส่วนร่วมของครอบครัวและเครือข่ายทางสังคม ควบคู่กับการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นและกิจกรรมทางวัฒนธรรม เพื่อพัฒนาพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมกับบริบทจริงและยั่งยืนในระยะยาว

สรุปผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ปัจจัยทางสังคมและปัจจัยทางวัฒนธรรมมีอิทธิพลเชิงบวกต่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของคนในชุมชนตำบลกุตาไก้ เมื่อพิจารณารายปัจจัย พบว่า ปัจจัยทางสังคม มีอิทธิพลสูงที่สุด สะท้อนถึงความสำคัญของครอบครัว เพื่อนบ้าน ผู้นำชุมชน และความสัมพันธ์ในชุมชนที่เกื้อหนุนต่อการสร้างพฤติกรรมสุขภาพ ขณะที่ ปัจจัยทางวัฒนธรรม แม้มีอิทธิพลรองลงมา แต่ก็มีบทบาทเชิงบวกผ่านการสืบทอดความเชื่อ ประเพณี วิถีชีวิต และภูมิปัญญาท้องถิ่น แม้ว่าความเชื่อเชิงเหนือธรรมชาติจะลดความสำคัญลง แต่ยังคงปรากฏอยู่บางส่วน

ข้อเสนอแนะ

1. เชิงนโยบาย หน่วยงานสาธารณสุขควรเสริมบทบาทครอบครัว ผู้นำ และเครือข่ายชุมชนในการรณรงค์ดูแลสุขภาพ เนื่องจากผลวิจัยพบว่าปัจจัยทางสังคมมีอิทธิพลสูงสุดต่อพฤติกรรมสุขภาพ การดูแลสุขภาพ เพื่อสร้างพฤติกรรมสุขภาพที่เข้มแข็งและยั่งยืน
2. เชิงวิชาการ ควรมีการศึกษาต่อยอดเชิงคุณภาพเพื่อเชิงลึกถึงกลไกทางวัฒนธรรมที่มีผลต่อพฤติกรรมสุขภาพ และเปรียบเทียบพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ครอบคลุมมากขึ้น
3. เชิงปฏิบัติการ ควรบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับความรู้สุขภาพสมัยใหม่ เพื่อให้การส่งเสริมสุขภาพของชุมชนมีความสอดคล้องกับบริบททางวัฒนธรรมและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1 McLeroy, K.R., et al., An ecological perspective on health promotion programs. Health education quarterly, 1988. 15(4): p. 351-377. https://doi.org/10.1177/109019818801500401.

2 Nyambe, A., G. Van Hal, and J.K. Kampen, Screening and vaccination as determined by the Social Ecological Model and the Theory of Triadic Influence: a systematic review. BMC Public Health, 2016. 16(1): p. 1166. https://doi.org/10.1186/s12889-016-3802-6.

3 Moudatsou, M., et al., The role of empathy in health and social care professionals. Healthcare (Basel), 2020. 8(1). https://doi.org/10.3390/healthcare8010026.

4 Grey, I., et al., The role of perceived social support on depression and sleep during the COVID-19 pandemic. Psychiatry Res, 2020. 293: p. 113452. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113452.

5 Li, F., et al., Effects of sources of social support and resilience on the mental health of different age groups during the COVID-19 pandemic. BMC Psychiatry, 2021. 21(1): p. 16. https://doi.org/10.1186/s12888-020-03012-1.

6 Qi, W., et al., Effects of family relationship and social support on the mental health of Chinese postpartum women. BMC Pregnancy Childbirth, 2022. 22(1): p. 65. https://doi.org/10.1186/s12884-022-04392-w.

7 Poraj-Weder, M., A. Pasternak, and M. Szulawski, The development and validation of the health behavior motivation scale. Frontiers in Psychology, 2021. 12. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.706495.

8 Borchers, A. and T. Pieler, Programming pluripotent precursor cells derived from Xenopus embryos to generate specific tissues and organs. Genes (Basel), 2010. 1(3): p. 413-26. https://doi.org/10.3390/genes1030413.

9 Sogari, G., et al., College Students and Eating Habits: A Study Using An Ecological Model for Healthy Behavior. Nutrients, 2018. 10(12). https://doi.org/10.3390/nu10121823.

10 Laroche, H.H., et al., Resource mobilization combined with motivational interviewing to promote healthy behaviors and healthy weight in low-income families: An intervention feasibility study. SAGE Open Med, 2022. 10: p. 20503121221102706. https://doi.org/10.1177/20503121221102706.

11 Lister, P., A taxonomy for developing cultural competence. Nurse Education Today,, 1999. 19(4): p. 313-318. https://doi.org/10.1054/nedt.1999.0642.

12 Milne-Ives, M., et al., Mobile apps for health behavior change in physical activity, diet, drug and alcohol use, and mental health: systematic review. JMIR Mhealth Uhealth, 2020. 8(3): p. e17046. https://doi.org/10.2196/17046.

13 Hoenig, K. and S.E. Wenz, Education, health behavior, and working conditions during the pandemic: evidence from a German sample. European Societies, 2020. 23(sup1): p. S275-S288. https://doi.org/10.1080/14616696.2020.1824004.

14 Papageorge, N.W., et al., Socio-demographic factors associated with self-protecting behavior during the Covid-19 pandemic. J Popul Econ, 2021. 34(2): p. 691-738. https://doi.org/10.1007/s00148-020-00818-x.

15 Townsend, N. and C. Foster, Developing and applying a socio-ecological model to the promotion of healthy eating in the school. Public Health Nutrition, 2011. 16(6): p. 1101-1108. https://doi.org/10.1017/s1368980011002655.

16 Flay, B.R., et al., Differential influence of parental smoking and friends' smoking on adolescent initiation and escalation and smoking. Journal of Health and Social behavior, 1994: p. 248-265. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7983337/.

17 Kim, J., Y. Kwon, and D. Cho, Investigating factors that influence social presence and learning outcomes in distance higher education. Computers & Education, 2011. 57(2): p. 1512-1520. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.02.005.

18 Wang, J., J. Yang, and Y. Xue, Subjective well-being, knowledge sharing and individual innovation behavior. Leadership & Organization Development Journal, 2017. 38(8): p. 1110-1127. http://dx.doi.org/10.1108/LODJ-10-2015-0235.

19 van den Heuvel, S., et al., Changes in employee well-being during the covid-19 pandemic: A study among healthcare workers, teachers and sales workers. Gedrag en Organisatie, 2021. 34(3): p. 305-327. https://doi.org/10.5117/GO2021.3.002.HEUV.

20 Tuan, L.T., et al., Fostering well-being among public employees with disabilities: the roles of disability-inclusive human resource practices, job resources, and public service motivation. Review of Public Personnel Administration, 2021. 41(3): p. 466-496. https://doi.org/10.1177/0734371X19897753.

21 Cavite, H.J., P. Mankeb, and S. Suwanmaneepong, Community enterprise consumers' intention to purchase organic rice in Thailand: the moderating role of product traceability knowledge. British Food Journal, 2021. 124(4): p. 1124-1148. https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2021-0148.

22 Bury, M., The sociology of chronic illness: a review of research and prospects. Sociology of Health & Illness, 2006. 13(4): p. 451-468. http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9566.1991.tb00522.x.

23 Paterson, B.L., The shifting perspectives model of chronic illness. J Nurs Scholarsh, 2001. 33(1): p. 21-6. https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2001.00021.x.

24 Sharma, P. and P.D. Kaur, Effectiveness of web-based social sensing in health information dissemination—A review. Telematics and Informatics, 2017. 34(1): p. 194-219. https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.04.012.

25 Eden, K.B., et al., Barriers and facilitators to exchanging health information: a systematic review. Int J Med Inform, 2016. 88: p. 44-51. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.01.004.

26 Mutanu, L., K. Gupta, and J. Gohil, Leveraging IoT solutions for enhanced health information exchange. Technology in Society, 2022. 68: p. 101882. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101882.

27 Yang, X. and W. Jo, Roles of work-life balance and trait mindfulness between recovery experiences and employee subjective well-being: A moderated mediation model. Journal of Hospitality and Tourism Management, 2022. 52: p. 459-468. https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2022.08.005.

28 Wood, S., K. Daniels, and C. Ogbonnaya, Use of work–nonwork supports and employee well-being: the mediating roles of job demands, job control, supportive management and work–nonwork conflict. International Journal of Human Resource Management, 2020. 31(14): p. 1793-1824. https://doi.org/10.1080/09585192.2017.1423102.

29 Moffett, S., R. McAdam, and S. Parkinson, Developing a model for technology and cultural factors in knowledge management: a factor analysis. Knowledge and Process Management, 2002. 9(4): p. 237-255. https://doi.org/10.1002/kpm.152.

30 Lewis-Fernández, R. and N. Díaz, The cultural formulation: a method for assessing cultural factors affecting the clinical encounter. Psychiatric Quarterly, 2002. 73(4): p. 271-295. https://doi.org/10.1023/A%3A1020412000183.

31 Foni, A.E., G. Papagiannakis, and N. Magnenat-Thalmann, A taxonomy of visualization strategies for cultural heritage applications. Journal on Computing and Cultural Heritage, 2010. 3(1): p. 1-21. https://doi.org/10.1145/1805961.1805962.

32 Butani, Y., J.A. Weintraub, and J.C. Barker, Oral health-related cultural beliefs for four racial/ethnic groups: Assessment of the literature. BMC Oral Health, 2008. 8: p. 26. https://doi.org/10.1186/1472-6831-8-26.

33 Hilton, I.V., et al., Cultural factors and children's oral health care: a qualitative study of carers of young children. Community Dent Oral Epidemiol, 2007. 35(6): p. 429-38. https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2006.00356.x.

34 Stein Duker, L.I., et al., The Relationship between Dental Fear and Anxiety, General Anxiety/Fear, Sensory Over-Responsivity, and Oral Health Behaviors and Outcomes: A Conceptual Model. Int J Environ Res Public Health, 2022. 19(4). https://doi.org/10.3390/ijerph19042380.

35 Hagger, M.S., Psychological determinants of health behavior. Annu Rev Psychol, 2025. 76(1): p. 821-850. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-020124-114222.

36 Viner, R., et al., School closures during social lockdown and mental health, health behaviors, and well-being among children and adolescents during the first COVID-19 wave: a systematic review. JAMA Pediatr, 2022. 176(4): p. 400-409. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2021.5840.

37 Allington, D., et al., Health-protective behaviour, social media usage and conspiracy belief during the COVID-19 public health emergency - CORRIGENDUM. Psychol Med, 2021. 51(10): p. 1770. https://doi.org/10.1017/s003329172000224x.

38 Masoudiyekta, L., et al., Effect of education based on health belief model on the behavior of breast cancer screening in women. Asia Pac J Oncol Nurs, 2018. 5(1): p. 114-120. https://doi.org/10.4103/apjon.apjon_36_17.

39 American Diabetes, A., 5. Facilitating Behavior Change and Well-being to Improve Health Outcomes: Standards of Medical Care in Diabetes-2020. Diabetes Care, 2020. 43(Suppl 1): p. S48-S65. https://doi.org/10.2337/dc22-S005.

40 Cochran, W.G., Sampling techniques (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons., 1977. https://www.wiley.com/en-sg/Sampling+Techniques%2C+3rd+Edition-p-9780471162407.

41 Krejcie, R.V. and D.W. Morgan, Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement, 2016. 30(3): p. 607-610. https://doi.org/10.1177/001316447003000308.

42 Rovinelli, R.J. and R.K. Hambleton, On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. 1976: p. 1-37. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59042188.

43 Hair, J.F., et al., Multivariate Data Analysis (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall., 2010. https://www.drnishikantjha.com/papersCollection/Multivariate%20Data%20Analysis.pdf.

บทความวิจัย (Research Article)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบกระดูกไก่ดำ

Chemical composition analysis with TLC, HPLC and antioxidant activity from *Justicia gendarussa* Burm.f. leaf extract

วริษา ผลาหาร[1] นฤวัตร ภักดี[1] ภานิชา พงศ์นราทร[1] จตุพร ประทุมเทศ[1] และ รณชัย ภูวันนา[1*]
Varisa Phalaharn[1], Naruwat Pakdee[1], Panicha Pongnaratorn[1], Jatuporn Prathumtet[1] and Ronnachai Poowanna[1*]
[1]สาขาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
[1]Thai Traditional Medicine Program, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus
*Corresponding author; email: Ronnachai.pw@rmuti.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
1 สิงหาคม 2568	11 กันยายน 2568	19 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมทานอลจากใบกระดูกไก่ดำ (*Justicia gendarussa* Burm.f.) แบบสดและแห้ง โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง (TLC) โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) และการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ผลการวิเคราะห์ด้วย TLC พบว่าใบสดและใบแห้งแสดง Spot ที่มีค่า R_f ใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน Apigenin (R_f = 0.56) ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการสร้างลายพิมพ์ทางเคมีของสารสกัดพืชสมุนไพร ขณะที่ผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC-DAD ยืนยันการมีอยู่ของ Apigenin ที่ λmax = 338 โดยพบพีคที่ Retention time 23.21 นาที ตรงกับสารมาตรฐาน การวิเคราะห์ปริมาณ Apigenin ในสารสกัดใบสดเท่ากับ 34.45 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ร้อยละ 3.44) และสารสกัดใบแห้งเท่ากับ 22.14 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ร้อยละ 2.21) ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH assay แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบสดมีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 995.38 ± 34.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่สารสกัดจากใบแห้งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1,416.71 ± 107.76 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สรุปได้ว่าใบกระดูกไก่ดำมีสารสำคัญในกลุ่มฟีนอลิกที่สำคัญ ได้แก่ Apigenin ซึ่งมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใบสดมีศักยภาพสูงกว่าใบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ใบกระดูกไก่ดำเป็นสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อการดูแลสุขภาพและการประยุกต์ใช้ทางเภสัชกรรมในอนาคตได้

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, โครมาโทกราฟีแบบผิวบาง, โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง, กระดูกไก่ดำ, อะพิจีนิน

Abstract

This study aimed to analyze the chemical composition and evaluate the antioxidant activity of methanol extracts from fresh and dried leaves of *Justicia gendarussa* Burm.f. using thin-layer chromatography (TLC), high-performance liquid chromatography (HPLC) and the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay. TLC analysis revealed that fresh and dried leaf extracts exhibited spots with R_f values corresponding to the standard compounds apigenin (R_f = 0.56), which was clearly observed under UV light at 254 nm, providing preliminary chemical fingerprints. HPLC-DAD analysis confirmed the presence of apigenin, showing a peak at a retention time of 23.21 min with λmax at 338 nm, consistent with the standard. Quantitative analysis demonstrated that the apigenin content was higher in the fresh leaf extract (34.45 µg/mL, 3.44%), than in the dried leaf extract (22.14 µg/mL, 2.21%). Antioxidant evaluation using the DPPH assay indicated that the fresh leaf extract had significantly stronger activity, with an IC_{50} value of 995.38 ± 34.67 µg/mL, compared to 1,416.71 ± 107.76 µg/mL in the dried extract. In conclusion, *J. gendarussa* leaves contain phenolic compounds, particularly apigenin that contribute to antioxidant potential. The fresh leaves exhibited superior antioxidant potential than dried leaves, suggesting their promise as a natural source of bioactive compounds for future development of herbal health products and pharmaceutical applications.

Keywords: Antioxidant activity, Thin layer chromatography, High-performance liquid chromatography, *Justicia gendarussa*, apigenin

บทนำ

กระดูกไก่ดำ (*Justicia gendarussa* Burm.f.) อยู่ในวงศ์ Acanthaceae [1] เป็นพืชที่ชอบร่มเงา เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศจีน และได้แพร่พันธุ์อย่างกว้างขวาง พบมากในเขตร้อน [2, 3] *J. gendarussa* เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก สูง 0.5 - 1.5 เมตร มีลำต้นเรียบ ใบเป็นรูปหอกเรียวและเรียบ ดอกมีขนาดเล็ก สีขาวมีจุดสีชมพูหรือม่วงด้านใน พืชชนิดนี้ชอบสภาพแวดล้อมที่ชื้นและอบอุ่น มักพบตามป่ารก ริมแม่น้ำ มีรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory activity) [4, 5] ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Anti-oxidant activity) [4, 6] ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial activity) [7] ฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง (Anticancer activity) [8] ฤทธิ์ปกป้องตับ (Hepatoprotective activity) [9] และฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเส้นเลือดใหม่ (Anti-angiogenic activity) [10] ในการแพทย์พื้นบ้านมีสรรพคุณใช้รักษาอาการปวดศีรษะ หอบหืด ช้ำใน ปวดบวมตามข้อ หลอดลมอักเสบ อาการอาหารไม่ย่อย โรคตา ท้องอืด ไข้ อาการตกขาว เป็นต้น [11] นอกจากนี้ยังพบว่าสารสำคัญ ได้แก่ Vitexin, Apigenin และ Caffeic acid [12, 13] มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเชื้อจุลชีพ รักษาโรคปวดข้อและข้อปวดบวม โดยออกฤทธิ์ผ่านกลไกเดียวกันกับยาต้านอักเสบชนิดไม่ใช่สเตียรอยด์ (Non-steroidal anti-inflammatory drugs) หรือ ยากลุ่ม NSAIDs โดยไปยับยั้งเอนไซม์ทั้ง Cyclooxygenase (COX) และ Lipoxygenase (LOX) pathways [14] ทำให้มีผลยับยั้งการหลั่งสารที่เหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบหลายชนิด เช่น Histamine และ Prostaglandins [1] นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดกระดูกไก่ดำออกฤทธิ์ที่ Opioid receptor ผ่านกลไกเดียวกับมอร์ฟีน แต่มีฤทธิ์ลดปวดน้อยกว่ามอร์ฟีนประมาณ 2 - 5 เท่า [15]

อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่มีอิเล็กตรอนอิสระ มีความไวต่อปฏิกิริยาและไม่เสถียรสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ในร่างกาย เช่น โปรตีน อนุมูลอิสระสามารถออกซิไดซ์กรดอะมิโนบางชนิด เช่น Cysteine และ Methionine

ซึ่งทำให้โปรตีนสูญเสียโครงสร้างสามมิติและหน้าที่ ๆ เกี่ยวข้อง เช่น เอนไซม์และตัวรับสัญญาณ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้นำไปสู่การสะสมของโปรตีนที่ถูกออกซิไดซ์ที่สัมพันธ์กับการเสื่อมของเซลล์และการเกิดโรคเรื้อรัง [16] อนุมูลอิสระแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ Reactive oxygen species (ROS) [17] เช่น ซุปเปอร์ออกไซด์ อนุมูลไฮดรอกซิล และเปอร์ออกซิล และ Reactive nitrogen species (RNS) เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ และไนตริกออกไซด์ [18, 19] โดย ROS และ RNS เกิดขึ้นตามธรรมชาติในกระบวนการเผาผลาญพลังงานของเซลล์ แม้ว่าในระดับต่ำจะช่วยกระตุ้นกระบวนการต่าง ๆ เช่น การแบ่งเซลล์และการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน [20, 21] อนุมูลอิสระโดยเฉพาะ ROS [17] เช่น Hydroxyl radicals จะทำให้เกิดกระบวนการ Lipid peroxidation ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียความสมบูรณ์และความยืดหยุ่น ทำให้เซลล์รั่วหรือแตก และเกิดสารพิษระดับเซลล์ เช่น Malondialdehyde (MDA) [22] และ DNA ทำให้เกิดการแตกของสาย DNA (Strand breaks) การเปลี่ยนแปลงเบส (Base modifications) และการเกิดพันธะข้ามสาย (Crosslinking) ความเสียหายนี้ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ หากไม่ได้รับการซ่อมแซมที่เหมาะสม อาจนำไปสู่การตายของเซลล์ [23] และจะนำไปสู่การทำลายโปรตีน ไขมัน และ DNA เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น มะเร็ง เบาหวาน โรคหัวใจ และโรคระบบประสาทเสื่อม [21, 24, 25]

การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชสมุนไพรจึงได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากพืชสมุนไพรเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ สามารถช่วยลดความเสียหายของเซลล์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจ มะเร็ง และโรคอักเสบเรื้อรัง โดยมีความปลอดภัยมากกว่าสารสังเคราะห์ [25, 26] งานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาประยุกต์ใช้กับสารสกัดใบกระดูกไก่ดำ เพื่อประเมินศักยภาพในการเป็นแหล่งสารธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงเพื่อให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์สารสำคัญในพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง โดยใช้สาร Apigenin และ Caffeic acid เป็นสารมาตรฐาน และโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง โดยใช้ Apigenin เป็นสารมาตรฐาน เนื่องจากสารทั้ง 2 ชนิดมีรายงานพบว่าสามารถพบได้ในต้นกระดูกไก่ดำ [1, 13] ซึ่งสามารถใช้ในการควบคุมคุณภาพและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคต โดยสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ที่มาจากสมุนไพร ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม เบต้าแคโรทีน วิตามินเอ เป็นต้น มีบทบาทสำคัญในการปกป้องเซลล์จากอนุมูลอิสระและลดความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรัง [27, 28] เพื่อให้ร่างกายได้รับสารต้านอนุมูลอิสระพอเพียง เร่งการจำกัดสารพิษที่อาจก่อมะเร็ง [29, 30, 31] อย่างไรก็ตาม วิธีการสกัดที่เหมาะสมมีผลโดยตรงต่อปริมาณและความคงตัวของสารสำคัญในกลุ่มฟีนอลิกที่โดยเฉพาะ Apigenin และ Caffeic acid ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์หลักที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การสกัดด้วยเมทานอล ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถดึงสารฟลาโวนอยด์ออกมาได้ในปริมาณสูง และลดการสูญเสียความคงตัวของสารเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นที่มีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ [32, 33] นอกจากนี้ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบกระดูกไก่ดำ โดยเฉพาะคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ มีความสำคัญต่อการประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นตัวกระตุ้นกระบวนการเกิดออกซิเดชันที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมของเซลล์และการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด เบาหวาน และมะเร็ง [34, 35] ดังนั้นการพิสูจน์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้จากกระบวนการสกัดนี้ไม่เพียงช่วยยืนยันถึงคุณค่าทางชีวภาพ แต่ยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการนำสารสกัดใบกระดูกไก่ดำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ผลิตภัณฑ์สมุนไพร หรือเครื่องสำอางเชิงสุขภาพที่เน้นการชะลอวัยและการปกป้องเซลล์จากความเสียหายที่เกิดจากออกซิเดชัน

ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาสารสกัดจากใบกระดูกไก่ดำ โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบางและโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC-DAD) เพื่อวิเคราะห์ลายพิมพ์ทางเคมีและยืนยันการมีอยู่ของสารสำคัญ รวมทั้งการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ทั้งนี้การศึกษานี้ยังมุ่งเน้นการเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างใบสดและใบแห้ง ซึ่งเป็นประเด็นใหม่ที่ยังไม่ค่อยมีรายงาน และสามารถนำไปสู่การพัฒนามาตรฐานคุณภาพของสมุนไพรและการประยุกต์ใช้เชิงสุขภาพได้ในอนาคต ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในงานวิเคราะห์สารพฤกษเคมี (Phytochemical screening) เนื่องจากมีความ

รวดเร็ว ใช้งานง่าย และใช้ปริมาณสารน้อย [36] ซึ่งผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นในการตัดสินใจเลือกสมุนไพรมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพหรือเครื่องสำอางจากสมุนไพรที่มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ตลอดจนใช้ในการควบคุมคุณภาพและมาตรฐานสารสกัดจากใบกระดูกไก่ดำในอนาคต เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรไทยอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง และโครมาโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงจากสารสกัดใบกระดูกไก่ดำแบบสดและแห้ง
2. เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH assay ของสารสกัดใบกระดูกไก่ดำแบบสดและแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากใบกระดูกไก่ดำ ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง (TLC) และโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)

1.1 การเตรียมตัวอย่างสมุนไพร

เก็บตัวอย่างใบกระดูกไก่ดำจากสวนสมุนไพร โรงพยาบาลเขาชะเมาเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา จังหวัดระยอง ดังภาพที่ 1 โดยเก็บส่วนเหนือดินมาแยกเฉพาะส่วนใบ นำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดและผึ่งลม แล้วอบที่อุณหภูมิ 20 - 40 องศาเซลเซียส

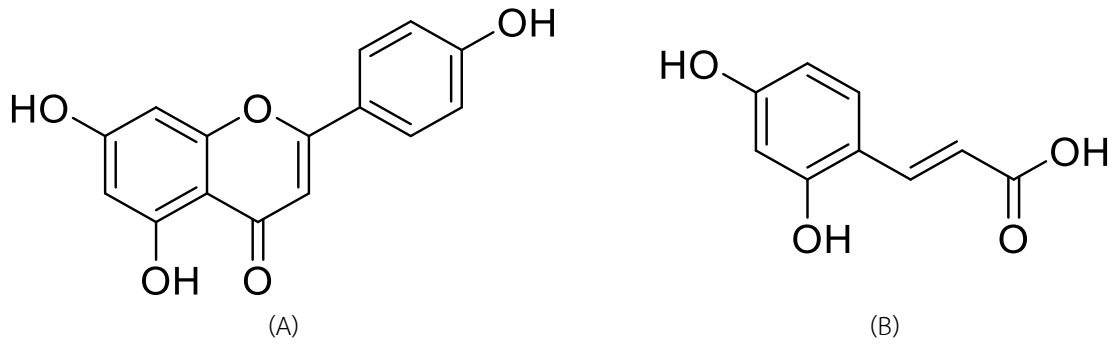
ภาพที่ 1 ต้นกระดูกไก่ดำ

1.2 การเตรียมสกัดสารสมุนไพร

ชั่งใบกระดูกไก่ดำสดและแห้ง อย่างละ 500 กรัม แช่ในเมทานอล 95% ปริมาตร 2.5 ลิตร (อัตราส่วน 1:5) ใส่ในโหลแก้วที่ปิดฝาสนิท เป็นเวลา 7 วัน ทำการเขย่าทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) เมื่อครบ 7 วัน นำมากรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แรงดัน 150 มิลลิเมตรปรอท อัตราการหมุน 50 รอบต่อนาที จนตัวทำละลายระเหยหมด จะได้สารสกัดที่มีลักษณะเหนียวข้น นำสารสกัดใส่ในขวดเก็บสาร และนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป โดยคำนวณค่าร้อยละผลผลิต (%Yield) ของสารสกัดหยาบ ได้จากสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักของสารสกัดที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักสมุนไพรที่ใช้ในการสกัด (กรัม)}} \times 100$$

สมการที่ 1 การคำนวณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบ (%Yield)



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของ Apigenin (A) และ Caffeic acid (B)

1.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง

เตรียมสารสกัดจากใบกระดูกไก่ดำแบบสดและแบบแห้งที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารมาตรฐาน Apigenin และ Caffeic acid มีโครงสร้างทางเคมีดังภาพที่ 2 ละลายด้วยเมทานอล 95% ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้น Spot สารมาตรฐาน Apigenin, Caffeic acid, สารสกัดใบกระดูกไก่ดำแห้ง และสารสกัดใบกระดูกไก่ดำสดลงบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบางที่เคลือบด้วย Silica gel 60 GF 254 (Merck) ขนาด 8 ×10 เซนติเมตร โดยวัฏภาคเคลื่อนที่คือ เอทิลอะซีเตท : โทลูอีน : เมทานอล : กรดฟอร์มิก (Ethyl acetate : Toluene : Methanol : Formic acid) ในอัตราส่วน 4 : 4 : 0.7 : 0.1 จากนั้นวางใน TLC Tank รอให้วัฏภาคเคลื่อนที่ไปจนถึง Solvent front และนำแผ่น TLC ออกมาวางให้แห้งแล้วตรวจสอบผลการแยกสารภายใต้แสงขาว แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 และ 366 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณหาค่า R_f ของ Spot สารสกัดที่พบ

1.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

เตรียมสารสกัดจากใบกระดูกไก่ดำแบบสดและแห้ง ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในเมทานอล กรองผ่าน Membrane syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร การเตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่คือ น้ำ (Water type-1, A) และเมทานอล (Methanol HPLC grade, B) ระบบการแยกแบบ Gradient แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำคลื่นความถี่สูง 30 นาที เพื่อไล่ฟองอากาศ ตั้งค่าวัฏภาคเคลื่อนที่ ดังนี้ 0.1 นาที (A=95%) 10 นาที (A=80%) 23-30 นาที (A=0%) จากนั้นฉีดสารตัวอย่าง ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC – DAD system (Shimadzu, Kyoto, Japan) ใช้คอลัมน์ C18 (5 ไมโครเมตร, 4.6 x 250 มิลลิเมตร) อุณหภูมิคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที คำนวณหาปริมาณ Apigenin เทียบกับสารละลายมาตรฐาน Apigenin ในช่วงความเข้มข้น 3.125-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณ Apigenin ในตัวอย่างใบกระดูกไก่ดำ ในหน่วยกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม (g/100 g)

2. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity) ดัดแปลงจากวิธี ของ Widowati et al. [37]

2.1 การเตรียมสารละลาย DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)

เตรียมสาร DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ โดยการชั่งสาร 7.886 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล 95% เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

2.2 การเตรียมสารมาตรฐาน Trolox

เตรียมสารมาตรฐาน Trolox โดยการชั่งสารหนัก 10 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล 95% ให้เท่ากับ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาเจือจางให้มีความเข้มข้น 0, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.3 การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง

เตรียมสารสกัดใบกระดูกไก่ดำแบบสดและแบบแห้ง ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นตั้งต้น จากนั้นนำมาเจือจางให้มีความเข้มข้นดังนี้ สารสกัดกระดูกไก่ดำแบบสด เท่ากับ 0.046, 0.094, 0.188, 0.375, 0.75 และ 1.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารสกัดกระดูกไก่ดำแบบแห้ง เท่ากับ 0.063, 0.125, 0.25, 0.50, 1.00 และ 2.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบแต่ละครั้ง ได้เตรียมหลุม (Well) แยกกันสำหรับสารมาตรฐาน Trolox และสำหรับสารสกัดใบกระดูกไก่ดำในแต่ละความเข้มข้น โดยเติมสารละลาย DPPH 0.2 มิลลิโมลาร์ 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุม จากนั้นเติมสารมาตรฐาน Trolox หรือสารสกัดใบกระดูกไก่ดำ 100 ไมโครลิตร แยกเป็นอิสระต่อกัน แล้วบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที การทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง แต่ละครั้งมีการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ค่าที่ได้ถูกนำไปสร้างกราฟความเข้มข้นของสารสกัดกับร้อยละการยับยั้ง DPPH ดังสมการที่ 2 และคำนวณค่า IC_{50} ของสารสกัดจากสมการเส้นตรงของกราฟ (ภาพที่ 6) โดยใช้ Trolox เป็น Positive control

$$\text{ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (\%)} = [1-(A_{Sample}/A_{Control})] \times 100$$

สมการที่ 2 การหาค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ

A_{Sample} = ค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารผสมระหว่างสารละลาย DPPH กับสารตัวอย่าง

$A_{Control}$ = ค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการสกัดสารสกัดจากใบกระดูกไก่ดำ

จากตารางที่ 1 การสกัดด้วยเมทานอล 95% จากใบกระดูกไก่ดำแบบสดและแบบแห้ง พบว่าร้อยละของสารสกัดหยาบใบกระดูกไก่ดำสดมีร้อยละของสารสกัดหยาบเท่ากับ 2.64 และใบกระดูกไก่ดำแห้ง มีร้อยละของสารสกัดหยาบเท่ากับ 1.44 สอดคล้องกับรายงานของ Das et al. (2010) ซึ่งระบุว่าการทำแห้งวัสดุพืชสมุนไพรสามารถทำให้สารออกฤทธิ์บางชนิดสลายตัวหรือสูญเสียไปบางส่วนจากความร้อน แสง หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้ปริมาณของสารสกัดหยาบลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดจากพืชสด [38] นอกจากนี้การที่ใบสดให้สารสกัดหยาบสูงกว่าอาจเนื่องมาจากโครงสร้างทางเคมีของพืชที่ยังคงความชุ่มชื้นและความสมบูรณ์ของสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ (Secondary metabolites) [39, 40] ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกตัวอย่างพืชสมุนไพรในขั้นตอนการเตรียมก่อนการสกัด เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคงคุณภาพของสารออกฤทธิ์อย่างมีประสิทธิภาพ

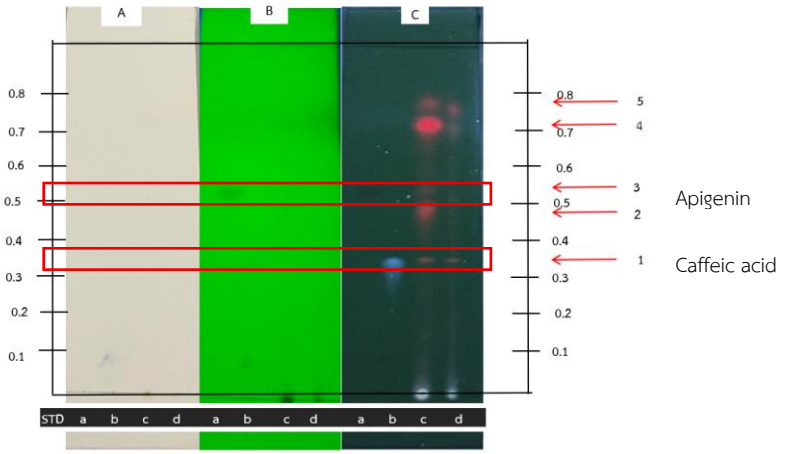
อย่างไรก็ตามการใช้ใบแห้งในการสกัดยังคงเป็นแนวทางที่สะดวกในการเก็บรักษาวัตถุดิบและควบคุมความแปรปรวนของความชื้น แต่จำเป็นต้องพิจารณาวิธีการอบแห้งที่เหมาะสม เช่น การอบที่อุณหภูมิต่ำ หรือการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) เพื่อคงคุณภาพของสารสำคัญให้ได้มากที่สุด [41]

ตารางที่ 1 แสดงค่าร้อยละของสารสกัดหยาบ (%Yield) ใบกระดูกไก่ดำ

สารสกัด	ลักษณะทางกายภาพ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละสารสกัดหยาบ
ใบกระดูกไก่ดำสด	สีเขียวเข้ม หนืด	13.22	2.64%
ใบกระดูกไก่ดำแห้ง	สีเขียวเข้ม หนืด	7.21	1.44%

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง

จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่า โครมาโทแกรมชนิดแผ่นบางเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน คือ Apigenin และ Caffeic acid ในใบกระดูกไก่ดำสดและใบกระดูกไก่ดำแห้ง พบ Spot ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ไม่ชัดเจน (ภาพที่ 3B) ที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร (ภาพที่ 3C) พบจำนวน 5 และ 4 Spot ตามลำดับ โดยมีค่า R_f ใกล้เคียงกัน เช่น Apigenin (R_f = 0.56), Caffeic acid (R_f = 0.37), กระดูกไก่ดำสด (R_f = 0.37-0.85), และกระดูกไก่ดำแห้ง (R_f = 0.37-0.82) แสดงว่าวัฏภาคเคลื่อนที่ (Ethyl acetate : Toluene : Methanol : Formic acid = 4 : 4 : 0.7 : 0.1) สามารถแยกองค์ประกอบฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกในสารสกัดใบกระดูกไก่ดำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เห็นตำแหน่ง Spot ที่สัมพันธ์กับสารมาตรฐาน Apigenin และ Caffeic acid ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างลายพิมพ์ทางเคมี อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังไม่ได้เปรียบเทียบกับวัฏภาคเคลื่อนที่ระบบอื่น ซึ่งควรทำในงานวิจัยต่อไปเพื่อยืนยันความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ

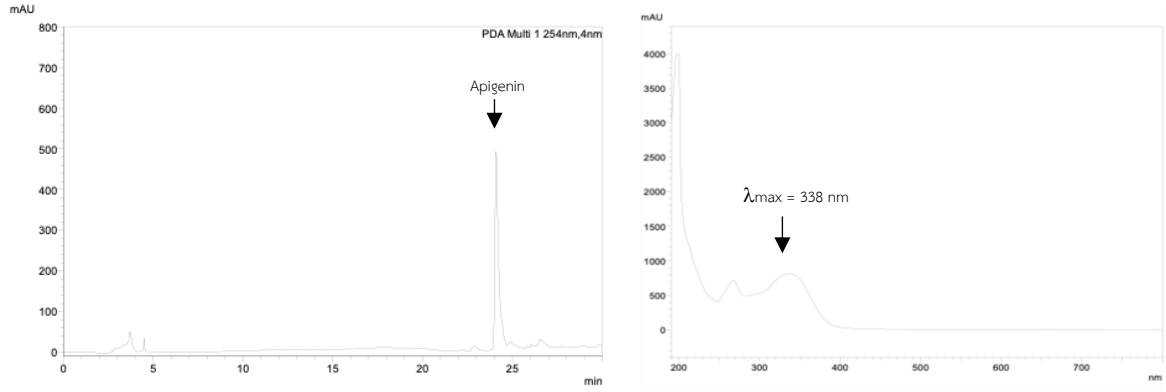


ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบสารมาตรฐาน คือ Apigenin (a) และ Caffeic acid (b) กระดูกไก่ดำสด (c) และกระดูกไก่ดำแห้ง (d) บน TLC plate

*ตรวจสอบด้วยแสงสีขาว (A) UV ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (B) UV ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร (C)

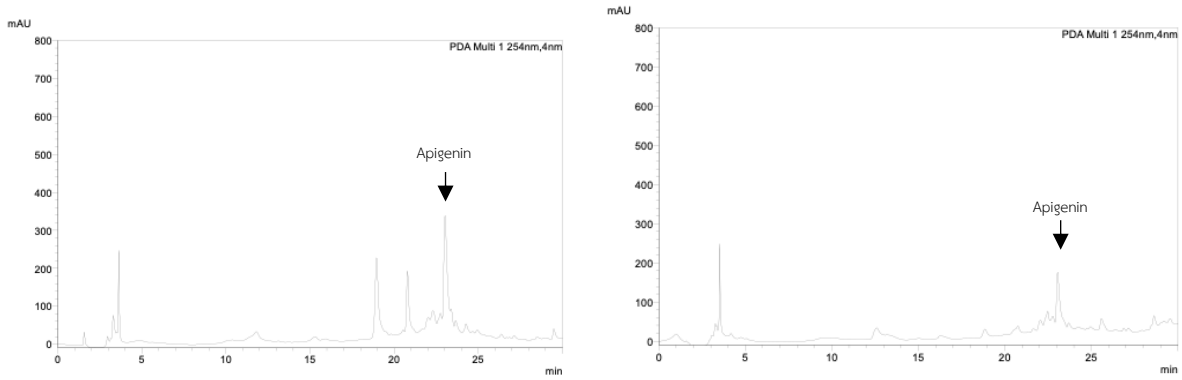
วัฏภาคเคลื่อนที่ : Ethyl acetate: Toluene: Methanol: Formic acid (4 : 4 : 0.7 : 0.1)

จากผลการวิเคราะห์ TLC พบว่าวัฏภาคเคลื่อนที่ Ethyl acetate: Toluene: Methanol: Formic acid (4 : 4 : 0.7 : 0.1) สามารถแยก Spot ของสารสำคัญออกได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งถือเป็นกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญในพืชสมุนไพร [26, 42] โดยพบว่าค่า R_f ของ Apigenin และ Caffeic acid อยู่ในช่วง 0.56–0.60 และ 0.37 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับงานของ Yadav et al. (2017) [43] ที่ใช้ วัฏภาคเคลื่อนที่ คือ Toluene : Ethyl acetate : Formic acid ในการวิเคราะห์สารจากใบกระดูกไก่ดำด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบางทำให้ได้โปรไฟล์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น โดยผลการตรวจสอบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ 254 นาโนเมตร พบ Spot ที่ตำแหน่งใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน แต่ความชัดเจนค่อนข้างต่ำ ซึ่งเกิดจากการดูดกลืนแสงของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกที่มีปริมาณไม่สูงนัก หรืออาจจะเกิดจากปริมาณสารเข้มข้นน้อยเกินไป ขณะที่การตรวจสอบที่ 366 นาโนเมตร พบ Spot ชัดเจนกว่า แสดงถึงคุณสมบัติการเรืองแสงของ Apigenin ที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางสเปกโทรสโคปีของฟลาโวนอยด์ที่มักเรืองแสงได้ดีในช่วงคลื่นยาว (366 นาโนเมตร) จึงใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเปรียบเทียบคุณภาพของสารสกัด โดยพบ Spot ของสารสกัดจากใบสดมีความเข้มและหนากว่าใบแห้งอย่างชัดเจน [43] ซึ่งเกิดจากการสูญเสียของสารออกฤทธิ์ระหว่างกระบวนการทำแห้ง [44, 45] ซึ่งสอดคล้องกับการที่ฟลาโวนอยด์ เช่น Apigenin มีความไวต่อแสงและความร้อน [17] และการเปรียบเทียบค่า R_f ของสารจากใบกระดูกไก่ดำแสดงถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารในระบบโครมาโทกราฟี ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างเคมีของสาร โดย Apigenin มีลักษณะโครงสร้างที่มีขั้วกลาง ๆ เมื่อเทียบกับ Caffeic acid ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ไกลกว่าในตัวทำละลายที่มีความสมดุลระหว่างความมีขั้วและไม่มีขั้ว [46] ซึ่งช่วยแยกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นพื้นฐานในการระบุสารออกฤทธิ์ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพร [39] เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Wulansari et al. (2025) ที่รายงานว่าสารสกัดจากกระดูกไก่ดำที่วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบางมีหลาย Spot ที่แสดงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ [47] ในงานวิจัยนี้มีข้อสังเกตสำคัญคือ ความเข้มของ Spot ในใบสดมีความเด่นชัดกว่าในใบแห้ง ซึ่งอาจบ่งบอกถึงปริมาณสารสำคัญที่สูงกว่า โดยเฉพาะกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติระเหยง่ายหรือเสื่อมสภาพได้ง่ายจากความร้อน [48] การอบแห้งใบอาจลดปริมาณสารสำคัญลงได้ ดังนั้นจึงมีผลต่อประสิทธิภาพทางชีวภาพของที่ได้จากวัตถุดิบ ดังนั้นการใช้เทคนิค TLC และการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH assay เป็นการบูรณาการที่มีประสิทธิภาพและมีศักยภาพในการพัฒนาวิธีวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบสมุนไพรในระดับอุตสาหกรรมและงานวิจัย [49, 50] อย่างไรก็ตามจากค่า R_f และการตรวจสอบภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต พบว่า Spot บางตำแหน่งมีความใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน Apigenin และ Caffeic acid แม้ Caffeic acid มักแสดงการดูดกลืนที่ 254 นาโนเมตร แต่ในตัวอย่างนี้ Spot ของสารดังกล่าวไม่ปรากฏชัดเป็นจุดมืดที่ 254 นาโนเมตร แต่กลับให้สัญญาณเรืองแสงสีน้ำเงินที่ 366 นาโนเมตร ซึ่งเป็นผลจากปัจจัยความเข้มข้นของตัวอย่างเมทริกซ์ที่ทำให้เกิด quenching หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบนแผ่น TLC ดังนั้นผล TLC ถือเป็นข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น และการยืนยันด้วยวิธีการวิเคราะห์ HPLC-DAD เพื่อตรวจสอบและยืนยันการมีอยู่ของ Apigenin ทั้งในใบสดและใบแห้ง ทั้งนี้การพิสูจน์ชนิดของสารในระดับโครงสร้างยังจำเป็นต้องใช้เทคนิคขั้นสูงเพิ่มเติม เช่น LC-MS/MS หรือ NMR ในการศึกษาต่อไป



(A) (B)

ภาพที่ 4 ลักษณะโครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน Apigenin (A) และลักษณะสเปกตรัม (B)



(A) (B)

ภาพที่ 5 ลักษณะโครมาโทแกรมของสารสกัดใบกระดูกไก่ดำสด (A) และแห้ง (B)

3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

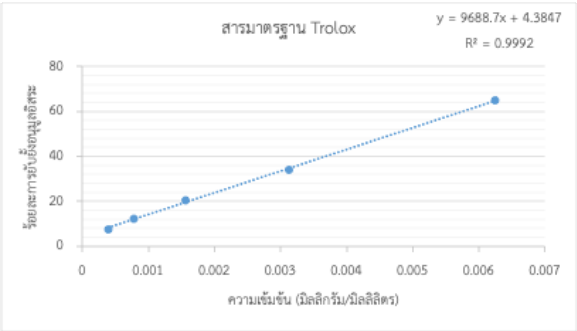
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC-DAD) โดยตรวจสอบลักษณะโครมาโทแกรมและลักษณะสเปกตรัมจากสารสกัดใบกระดูกไก่ดำ ในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารมาตรฐาน Apigenin มี Retention time ที่ 24.10 นาที ขณะที่สารสกัดหยาบจากใบกระดูกไก่ดำ แสดงพีคที่เวลา 23.21 นาที โดยมีค่า Retention time ใกล้เคียงกันมาก การบันทึกสเปกตรัมการดูดกลืนแสงโดยตัวตรวจจับ DAD (200–400 nm) ยืนยันว่ารูปแบบสเปกตรัมของพีคตัวอย่างตรงกับสารมาตรฐาน Apigenin ไม่เพียงแต่ที่ λmax (338 นาโนเมตร) เท่านั้น แต่รวมถึงลักษณะสเปกตรัมโดยรวมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับค่ามาตรฐานของ Apigenin ที่รายงานหลายฉบับพบว่า Apigenin มักแสดง λmax ระหว่าง 334–338 นาโนเมตร ในระบบ HPLC-DAD) ซึ่งสนับสนุนการยืนยันพีคดังกล่าวเป็น Apigenin ได้อย่างมีเหตุผลเชิงสเปกโทรสโคปี [51]

เมื่อทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยคำนวณจากสมการเส้นตรงของกราฟสารมาตรฐาน คือ $y = 5E+07x - 32017$ ($R^2 = 0.9995$) พบว่า Apigenin ในสารสกัดหยาบจากใบสดมีปริมาณ 34.45 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (3.44% w/v) ขณะที่ในใบแห้ง มีปริมาณ 22.14 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (2.21% w/v) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณ Apigenin ในตัวอย่างใบสดสูงกว่าใบแห้งประมาณร้อยละ 50 เมื่อคำนวณจากค่าที่ได้ การลดลงของปริมาณ Apigenin หลังจากการอบแห้งอาจมีสาเหตุร่วมจากหลายปัจจัย เช่น ความไวต่ออุณหภูมิของสารพฤกษเคมี การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเกิดไอโซเมอริเซชันหรือตรึงกับ

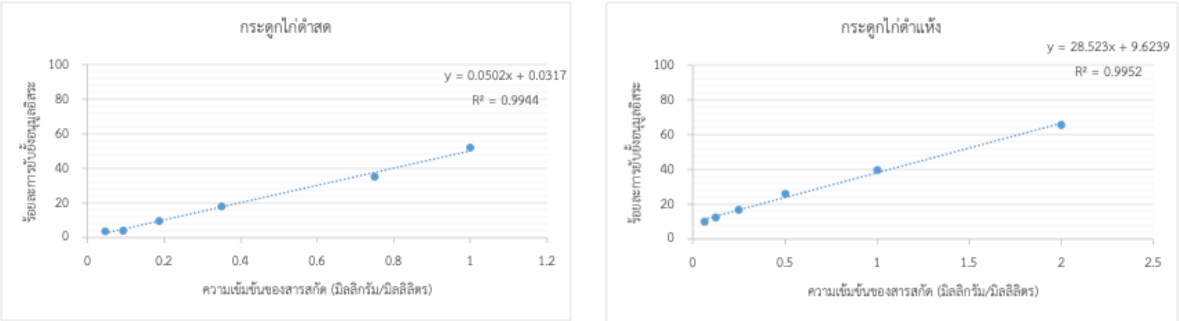
องค์ประกอบเมทริกซ์ระหว่างการอบแห้ง ตลอดจนการสูญเสียสารบางส่วนในรูประเหยหรือการสลายตัวขณะได้รับความร้อน [52, 53]

4. ผลการทดสอบฤทธิ์ในต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสกัดของใบกระดูกไก่ดำแบบสดและแบบแห้ง มีสมการเส้นตรงคือ y = 0.0502x+0.0317 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9944 คำนวณค่า IC_{50} ได้เท่ากับ 995.38 ± 34.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังภาพที่ 6 และใบกระดูกไก่ดำแห้งมีสมการเส้นตรงคือ y = 0.0285x+9.6239 และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9952 คำนวณค่า IC_{50} ได้เท่ากับ 1,416.71 ± 107.76 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 กราฟฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐาน Trolox



(A) (B)

ภาพที่ 7 กราฟฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของกระดูกไก่ดำสด สด (A) และแห้ง (B)

ตารางที่ 2 ค่า IC_{50} จากสารสกัดใบกระดูกไก่ดำแบบสดและแห้ง

สารสกัด	IC_{50} (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)
ใบกระดูกไก่ดำสด	995.38 ± 34.67
ใบกระดูกไก่ดำแห้ง	1,416.71 ± 107.76
Trolox	4.708 ± 0.040

พบว่าสารสกัดใบกระดูกไก่ดำแบบสด แสดงประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระพบว่าค่า IC_{50} เท่ากับ 995.38 ± 34.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และกระดูกไก่ดำแห้งเท่ากับ 1,416.71 ± 107.76 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสารมาตรฐาน

Trolox มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.708 ± 0.04 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากผลการวิเคราะห์พบว่า สารสกัดใบกระดูกไก่ดำสดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าใบแห้ง ประมาณ 1.42 เท่า และจากการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สารสกัดกระดูกไก่ดำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำ (Low activity) แสดงดังตารางที่ 2

การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay พบว่าสารสกัดจากใบกระดูกไก่ดำ แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างสารสกัดจากใบสดและใบแห้ง โดยสารสกัดจากใบสดมีค่า IC_{50} น้อยกว่าสารสกัดจากใบแห้งซึ่งค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่าแสดงถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า [54] ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าสารสำคัญที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น Apigenin มีปริมาณหรือความคงตัวสูงกว่าในสารสกัดจากใบสด ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ความแตกต่างดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากกระบวนการอบแห้งและการเก็บรักษา ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างและความเสถียรของสารพฤกษเคมี โดยเฉพาะกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติไวต่อความร้อน แสง และออกซิเจน [44, 55] งานวิจัยของ Kashyap et al. (2022) ยืนยันว่า Apigenin จะสูญเสียฤทธิ์ทางชีวภาพเมื่อสัมผัสความร้อนหรือเก็บรักษาไว้นาน ทำให้ประสิทธิภาพในการจับอนุมูลอิสระ (ROS scavenging activity) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ [34] ซึ่งกลไกการต้านอนุมูลอิสระของ Apigenin นั้นครอบคลุมหลายมิติ ไม่ว่าจะเป็นการกำจัดอนุมูลอิสระโดยตรง (Free radical scavenging) การจับโลหะ (Metal chelation) การเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระภายในเซลล์ และการกระตุ้นสัญญาณ Nrf2 ซึ่งเป็น Transcription factor ที่ควบคุมการตอบสนองต่อ Oxidative stress [35, 56] Apigenin จึงเป็นสารที่มีศักยภาพสูงในการป้องกันเซลล์จากอนุมูลอิสระ นอกจากนี้มีรายงานว่า Apigenin ที่สกัดจากใบกระดูกไก่ดำ ยังแสดงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอื่น ๆ โดยเฉพาะฤทธิ์ต้านการอักเสบ ผ่านกลไกการยับยั้งการแสดงออกของ NF-κB, COX-2 และ Cytokines ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ ได้แก่ TNF-α และ IL-1β [57]

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Apigenin ที่วัดได้ด้วย HPLC และผลการทดสอบทางชีวภาพ (DPPH) มีความสอดคล้องกันโดยสารสกัดจากใบสดที่มีปริมาณ Apigenin สูงกว่ามีค่า IC_{50} ต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากใบแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของ Apigenin เป็นสารในกลุ่ม Flavone ที่สามารถทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระ [51, 58] ดังนั้นการลดลงของ Apigenin จึงสามารถอธิบายได้ว่าเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของตัวอย่างแห้งลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างสด

สรุปผล

ผลการสกัดสมุนไพรพบว่าใบกระดูกไก่ดำแบบสดให้ปริมาณสารสกัดหยาบสูงกว่าใบที่ผ่านการทำแห้ง การทดสอบด้วยเทคนิค TLC พบว่าใบสดและแห้งมี Spot ที่ตรงกับสารมาตรฐาน Apigenin และ Caffeic acid การวิเคราะห์ Apigenin ด้วยเทคนิค HPLC แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบสดมีปริมาณสูงกว่า (3.44% w/v) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ซึ่งสารสกัดจากใบสดมีค่า IC_{50} ต่ำกว่าแบบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ควรพัฒนาวิธีการสกัดหรือการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค LC-MS/MS หรือ NMR เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1 Kumar KS, Sabu V, Sindhu G, Rauf AA, Helen A. Isolation, identification and characterization of apigenin from *Justicia gendarussa* and its anti-inflammatory activity. International Immunopharmacology. 2018; 59: 157-67. https://doi.org/10.1016/j.intimp.2018.04.004

2 Aye MM, Aung HT, Sein MM, Armijos C. A review on the phytochemistry, medicinal properties and pharmacological activities of 15 selected Myanmar medicinal plants. Molecules. 2019; 24(2). https://doi.org/10.3390/molecules24020293

3 Wiart C. Medicinal plants of Asia and the Pacific. Boca Raton: CRC press; 2006. 336 p.

4 Saleem TK, Azeem AK, Dilip C, Sankar C, Prasanth NV, Duraisami R. Anti-inflammatory activity of the leaf extacts of *Gendarussa vulgaris* Nees. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2011; 1(2): 147-9. https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60014-2

5 Pitiporn S, Musigavong N, Chitkritsadakul S, Kattalee U, Pengpon T, Kwankhao P. Efficacy and safety of *Justicia gendarussa* Burm.f. medicated spray and topical diclofenac spray for the treatment of mild to moderate soft tissue injury: a randomized double-blinded controlled trial. Journal of Thai Traditional & Alternative Medicine. 2022; 20(2): 223-34. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JTTAM/article/view/247422

6 Nirmalraj S, Perinbam K. Studies on Phytochemical Screening and in vitro Antioxidant Activity of Ethyl Acetate Leaf Extract of *Justicia gendarussa* Burm. F. Research Journal of Botany. 2015; 10(1): 30-6. https://scialert.net/abstract/?doi=rjb.2015.30.36

7 Nirmalraj S, Ravikumar M, Mahendrakumar M, Bharath B, Perinbam K. Antibacterial and anti-inflammatory activity of *Justicia gendarussa* Burm. f. leaves. Journal of Plant Sciences. 2015; 10(2): 70-4. https://doi.org/10.3923/jps.2015.70.74

8 Kashyap D, Sharma A, Tuli HS, Sak K, Punia S, Mukherjee TK. Kaempferol - A dietary anticancer molecule with multiple mechanisms of action: recent trends and advancements. Journal of Functional Foods. 2017; 30: 203-19. https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.01.022

9 Mondal M, Hossain MM, Rahman MA, Saha S, Uddin N, Hasan MR, et al. Hepatoprotective and antioxidant activities of *Justicia gendarussa* leaf extract in carbofuran-induced hepatic damage in rats. Chemical Research in Toxicology. 2019; 32(12): 2499-508. https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.9b00345

10 Periyanayagam K, Umamaheswari B, Suseela L, Padmini M, Ismail M. Evaluation of antiangiogenic effect of the leaves of *Justicia gendarussa* (Burm. f) (Acanthaceae) by chrio allontoic membrane method. American Journal of Infectious Diseases. 2009; 5(3): 180-2. https://doi.org/10.3844/ajidsp.2009.180.182

11 Roy P, Joseph LJ. Bioactive constituents and pharmacological profile of willow-leaved *Justicia*: a review. Natural Resources for Human Health. 2022; 2(4): 450-61. https://doi.org/10.53365/nrfhh/146769

12 Raghu MG, Agrawal P. The isolation and structural determination of flavonoids from *Justicia gendarussa*. IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences. 2016; 11(6): 73-9. https://doi.org/10.9790/3008-1106037379

13 Pawar AB. Herbal approaches to artharitis: a review of therapeutic plants and their bioactive compounds. International Journal of Pharmacognosy 2025; 12(5): 378-86. https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.12(5).378-86

14 Paval J, Kaitheri SK, Potu BK, Govindan S, Kumar RS, Narayanan SN, et al. Anti-arthritic potential of the plant *Justicia gendarussa* Burm f. Clinics (Sao Paulo). 2009; 64(4): 357-62. https://doi.org/10.1590/s1807-59322009000400015

15 Ratnasooriya WD, Deraniyagala SA, Dehigaspitiya DC. Antinociceptive activity and toxicological study of aqueous leaf extract of *Justicia gendarussa* Burm. f. in rats. Pharmacognosy Magazine. 2007; 3(11): 145-55.

16 Stadtman ER. Protein oxidation and aging. Science. 1992; 257(5074): 1220-4. https://doi.org/10.1126/science.1355616

17 Kozłowska M, Ścibisz I, Przybył J, Ziarno M, Żbikowska A, Majewska E. Phenolic contents and antioxidant activity of extracts of selected fresh and dried herbal materials. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2021; 71(3): 269-78. https://doi.org/10.31883/pjfns/139035

18 Schieber M, Chandel NS. ROS function in redox signaling and oxidative stress. Current Biology 2014; 24(10): R453-62. https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.034

19 Di Meo S, Reed TT, Venditti P, Victor VM. Role of ROS and RNS sources in physiological and pathological conditions. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2016; 2016: 1245049. https://doi.org/10.1155/2016/1245049

20 Pizzino G, Irrera N, Cucinotta M, Pallio G, Mannino F, Arcoraci V, et al. Oxidative stress: harms and benefits for human health. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2017; 2017: 8416763. https://doi.org/10.1155/2017/8416763

21 Juan CA, Perez de la Lastra JM, Plou FJ, Perez-Lebena E. The chemistry of reactive oxygen species (ROS) revisited: Outlining their role in biological macromolecules (DNA, lipids and proteins) and induced pathologies. International Journal of Molecular Sciences. 2021; 22(9). https://doi.org/10.3390/ijms22094642

22 Ayala A, Munoz MF, Arguelles S. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2014; 2014: 360438. https://doi.org/10.1155/2014/360438

23 Cooke MS, Evans MD, Dizdaroglu M, Lunec J. Oxidative DNA damage: mechanisms, mutation, and disease. FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology. 2003; 17(10): 1195-214. https://doi.org/10.1096/fj.02-0752rev

24 Jomova K, Raptova R, Alomar SY, Alwasel SH, Nepovimova E, Kuca K, et al. Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: chronic diseases and aging. Archives of Toxicology. 2023; 97(10): 2499-574. https://doi.org/10.1007/s00204-023-03562-9

25 Cai Y, Sun M, Corke H. Antioxidant activity of betalains from plants of the amaranthaceae. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003; 51(8): 2288-94. https://doi.org/10.1021/jf030045u

26 Kumar S, Pandey AK. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. The Scientific World Journal. 2013; 2013: 162750. https://doi.org/10.1155/2013/162750

27 Institute of Medicine Panel on Dietary Antioxidants Related Compounds. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington (DC): National Academies Press; 2000.

28 Pandey KB, Rizvi SI. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2009; 2(5): 270-8. https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498

29 Anderson JW, Baird P, Davis RH, Jr., Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, et al. Health benefits of dietary fiber. Nutrition Reviews. 2009; 67(4): 188-205. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x

30 Reynolds A, Mann J, Cummings J, Winter N, Mete E, Te Morenga L. Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. Lancet. 2019; 393(10170): 434-45. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31809-9

31 Slavin JL. Dietary fiber and body weight. Nutrition. 2005; 21(3): 411-8. https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.08.018

32 Lee JE, Jayakody JTM, Kim JI, Jeong JW, Choi KM, Kim TS, et al. The influence of solvent choice on the extraction of bioactive compounds from Asteraceae: a comparative review. Foods. 2024; 13(19): 3151. https://doi.org/10.3390/foods13193151

33 Brglez Mojzer E, Knez Hrnčič M, Škerget M, Knez Ž, Bren U. Polyphenols: extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects. Molecules. 2016; 21(7): 901. https://www.mdpi.com/1420-3049/21/7/901

34 Kashyap P, Shikha D, Thakur M, Aneja A. Functionality of apigenin as a potent antioxidant with emphasis on bioavailability, metabolism, action mechanism and in vitro and in vivo studies: a review. Journal of Food Biochemistry. 2022; 46(4): e13950. https://doi.org/10.1111/jfbc.13950

35 Zhou X, Wang F, Zhou R, Song X, Xie M. Apigenin: a current review on its beneficial biological activities. Journal of Food Biochemistry. 2017; 41(4): e12376. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfbc.12376

36 Wagner H, Heur YH, Obermeier A, Tittel G, Bladt S. [DC- and HPLC-Analysis of Eleutherococcus.]. Planta Medica. 1982; 44(4): 193-8. https://doi.org/10.1055/s-2007-971445

37 Widowati W, Fauziah N, Herdiman H, Afni M, Afifah E, Kusuma HSW, et al. Antioxidant and anti aging assays of *Oryza sativa* extracts, vanillin and coumaric acid. Journal of Natural Remedies. 2016; 16(3): 88-99. https://doi.org/10.18311/jnr/2016/7220

38 Das K, Tiwari R, Shrivastava D. Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: current methods and future trends. Journal of medicinal plants research. 2010; 4(2): 104-11. https://doi.org/10.5897/JMPR09.030

39 Sasidharan S, Chen Y, Saravanan D, Sundram KM, Yoga Latha L. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines. 2011; 8(1): 1-10. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22238476

40 Zakaria NNA. A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. Medicinal and Aromatic plants. 2015; 4(3): 196. https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000196

41 Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. Journal of Food Engineering. 2001; 49(4): 311-9. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4

42 Panche AN, Diwan AD, Chandra SR. Flavonoids: an overview. Journal of Nutritional Science. 2016; 5: e47. https://doi.org/10.1017/jns.2016.41

43 Yadav D, Reshi MS, Uthra C, Shrivastava S, Srivastava N, Narayana SKK, et al. Botanical and chemical fingerprinting of medicinal roots of *Justicia gendarussa* Burm f. Pharmacognosy research. 2017; 9(2): 208-14. https://doi.org/10.4103/0974-8490.204643

44 Zhao G, Etherton TD, Martin KR, West SG, Gillies PJ, Kris-Etherton PM. Dietary alpha-linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. The Journal of Nutrition. 2004; 134(11): 2991-7. https://doi.org/10.1093/jn/134.11.2991

45 Tisania A, Rafi M, Syukur M, Nurcholis W. Impact total of harvesting age on phenolic content, flavonoid level, and antioxidant capacity in *Justicia gendarussa* leaves. International Journal of Agricultural Technology. 2025; 21(1): 339-48. https://li04.tci-thaijo.org/index.php/IJAT/article/view/5490

46 Oldoni TLC, Silva RC, Carpes ST, Massarioli AP, Alencar SM. Antioxidant activity and development of one chromatographic method to determine the phenolic compounds from agroindustrial pomace. Anais da Academia Brasileira de Ciencias. 2020; 92(3): e20181068. https://doi.org/10.1590/0001-3765202020181068

47 Wulansari L, Wahyuni WT, Nurcholis W, Rafi M. TLC fingerprint analysis and evaluation of α-glucosidase inhibitory and free radical scavenging activity of *Justicia gendarussa* from different growth locations. Jurnal Kimia Valensi. 2025; 11(1): 150-61. https://doi.org/10.15408/jkv.v11i1.43662

48 Capecka E, Mareczek A, Leja M. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. Food Chemistry 2005; 93(2): 223-6. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.020

49 Chan EWC, Kong LQ, Yee KY, Chua WY, Loo TY. Antioxidant and antibacterial properties of some fresh and dried Labiatae herbs. Free Radicals and Antioxidants. 2012; 2(3): 20-7. https://doi.org/https://doi.org/10.5530/ax.2012.3.3

50 Stalikas CD. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. Journal of Separation Science. 2007; 30(18): 3268-95. https://doi.org/10.1002/jssc.200700261

51 Hostetler GL, Riedl KM, Schwartz SJ. Endogenous enzymes, heat, and pH affect flavone profiles in parsley (*Petroselinum crispum* var. neapolitanum) and celery (*Apium graveolens*) during juice processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012; 60(1): 202-8. https://doi.org/10.1021/jf2033736

52 Chen P, Chen F, Guo Z, Lei J, Zhou B. Recent advancement in bioeffect, metabolism, stability, and delivery systems of apigenin, a natural flavonoid compound: challenges and perspectives. Frontiers in Nutrition. 2023; 10: 1221227. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1221227

53 Yuan J, Hao L-J, Wu G, Wang S, Duan J-a, Xie G-Y, et al. Effects of drying methods on the phytochemicals contents and antioxidant properties of chrysanthemum flower heads harvested at two developmental stages. Journal of Functional Foods. 2015; 19: 786-95. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.10.008

54 Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology. 1995; 28(1): 25-30. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

55 Kumar SS, Manoj P, Shetty NP, Giridhar P. Effect of different drying methods on chlorophyll, ascorbic acid and antioxidant compounds retention of leaves of *Hibiscus sabdariffa* L. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2015; 95(9): 1812-20. https://doi.org/10.1002/jsfa.6879

56 Funakoshi-Tago M, Nakamura K, Tago K, Mashino T, Kasahara T. Anti-inflammatory activity of structurally related flavonoids, apigenin, luteolin and fisetin. International Immunopharmacology. 2011; 11(9): 1150-9. https://doi.org/10.1016/j.intimp.2011.03.012

57 Wang J, Liu YT, Xiao L, Zhu L, Wang Q, Yan T. Anti-inflammatory effects of apigenin in lipopolysaccharide-induced inflammatory in acute lung injury by suppressing COX-2 and NF-kB pathway. Inflammation. 2014; 37(6): 2085-90. https://doi.org/10.1007/s10753-014-9942-x

58 Ningsih IY, Purwanti DI, Wongso S, Prajogo BE, Indrayanto G. Metabolite profiling of *Justicia gendarussa* Burm. f. leaves using UPLC-UHR-QTOF-MS. Scientia Pharmaceutica. 2015; 83(3): 489-500. https://doi.org/10.3797/scipharm.1511-08

บทความวิจัย (Research Article)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสและการประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่ของเกษตรกรปลูกข้าวในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

Factors Associated with Cholinesterase Levels and Spatial Risk Assessment of Rice Farmers Exposed to Pesticides in Kantharawichai District, Mahasarakham Province

อัจฉรา นาเลาห์[1] ฤทธิรงค์ จังโกฏิ[2] ปกกมล เหล่ารักษาวงษ์[2] พงศธร ทวีธนวาณิชย์[3] และ ทองปักษ์ ดอนประจำ[2*]
Ajchara Nalaoh[1], Rittirong Junggoth[2], Pokkamol Laoraksawong[2], Pongsatorn Taweetanawanit[3] and Tongpak Donprajum[2]
[1]นักศึกษาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[2]สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[1]Master of Public Health Student, Faculty of Public Health, Khon Kaen University
[2]Department of Occupational Safety and Environmental Health, Faculty of Public Health, Khon Kaen University
[3]Department of Science and Environmental Health, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University
*Corresponding author: Tongdo@kku.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
19 กันยายน 2568	10 ตุลาคม 2568	11 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการทำงานสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส และศึกษาพื้นที่เสี่ยง (GIS) ในกลุ่มเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 505 คน ใช้แบบสอบถามประเมินความเสี่ยงในการสัมผัสสารเคมีและตรวจเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกร วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสด้วยวิธีการพหุถดถอยโลจีสติกและสร้างแผนที่ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสและความเสี่ยงด้วย GIS ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความเสี่ยงจากการทำงานสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อยู่ในระดับความเสี่ยงต่ำ ปานกลาง ค่อนข้างสูง และสูง ร้อยละ 65.5 18.8 10.5 และ 5.2 ตามลำดับ ผลการตรวจระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส พบว่าอยู่ในระดับไม่ปลอดภัย ร้อยละ 32.67 และเพศหญิงพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยงเป็น 1.62 เท่าของเพศชาย (OR_{adj} = 1.62, 95%CI = 1.12 to 2.68, p-value<0.01) การทำงานมากกว่า 20 ปี พบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยงเป็น 6.69 เท่าของคนที่ทำงานน้อยกว่า 10 ปี (OR_{adj} = 6.69, 95%CI = 3.52 to 12.78, p-value<0.01) ส่วนกลุ่มที่มีความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชค่อนข้างสูง มีโอกาสพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยง 32.97เท่าของกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่ำ (OR_{adj}= 32.97, 95%CI= 9.44 to 115.20, p-value<0.01) เกษตรกรปลูกข้าวในพื้นที่ 3 ตำบล พบผลตรวจเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอยู่ในระดับไม่ปลอดภัย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีความเสี่ยงสูงต่อสุขภาพเกษตรกร ควรเสริมสร้างความรู้และมาตรการป้องกันเพื่อลดโรคอันเกิดจากการทำงาน

คำสำคัญ: เกษตรกรปลูกข้าว, ความเสี่ยง, สารเคมีกำจัดศัตรูพืช, เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส

Abstract

Cross-sectional descriptive research to assess pesticide exposure to toxins and factors associated with cholinesterase levels and classify cholinesterase risk areas using geographic information system (GIS) in Kantharawichai District, Mahasarakham Province. A study was conducted on 505 rice farmers, using a questionnaire to assess the risk of exposure to chemicals and screen for cholinesterase enzyme in the blood of farmers during rice cultivation. Factors affecting cholinesterase enzyme levels were analyzed using logistic regression, and spatial cholinesterase enzyme level risk maps. The results found that most farmers had a risk of exposure to pesticides at low, medium, fairly high, and high-risk levels, 65.5%, 18.8%, 10.5%, and 5.2%, respectively. Females having cholinesterase levels that are 1.62 times higher than males (OR_{adj} = 1.62, 95%CI = 1.12 to 2.68, p-value<0.01), working for more than 20 years, having cholinesterase levels that are 6.69 times higher than those who have worked for less than 10 years (OR_{adj} = 6.69, 95%CI = 3.52 to 12.78, p-value<0.01), and those with relatively high risk from chemical exposure have a chance of having cholinesterase levels that are 32.97 times higher than those with low risk from chemical exposure (OR_{adj} =32.97, 95%CI = 9.44 to 115.20, p-value<0.01). In the sub-district area of 3 sub-districts, there are unsafe levels of cholinesterase enzyme. The study results indicate that the use of pesticides poses a high risk to farmers' health. Knowledge and preventive measures should be strengthened to reduce occupational diseases.

Keywords: Rice Agriculturists, Risk, Pesticide, Cholinesterase enzyme

บทนำ

ประเทศไทยมีประชากรประกอบอาชีพเกษตรกร 7,146,264 ครัวเรือน (ร้อยละ 35) ซึ่งจังหวัดมหาสารคาม เป็นอีกหนึ่งพื้นที่ ที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากถึง 2,298,901 ไร่ ประกอบอาชีพเกษตรกร 176,644 ครัวเรือน ส่วนใหญ่ใช้พื้นที่ในการปลูกพืชอย่างเดียว ร้อยละ 53 [1] เกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกทุกขั้นตอน เพื่อลดความเสียหายไม่ให้แมลงและศัตรูพืชมารบกวน เพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น [2] และคุ้มค่ากับการลงทุนและการเช่าพื้นที่เพาะปลูกรายปี [3] การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรส่งผลต่อเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในร่างกายโดยมีปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลา จำนวนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และการสัมผัสสารเคมีในบริเวณที่มีการฉีดพ่น [4] ซึ่งเมื่อเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดปัญหาสุขภาพทั้งแบบฉับพลันและเรื้อรัง [5] สารเคมีที่เกษตรกรมักใช้เป็นสารเคมีกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมต รายงานการวิจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมพบว่ามีสารเคมีเพียงเล็กน้อยที่ไปถึงศัตรูพืชส่วนที่เหลือจะกระจายและปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม [6] จากผลการคัดกรองเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ปี พ.ศ. 2566 ในประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 582,000 คน พบว่าผลการตรวจอยู่ในระดับไม่ปลอดภัย มีความเสี่ยง ปลอดภัย และปกติ ร้อยละ 10.92 (63,583 คน), 16.43 (95,607 คน), 24.85 (144,674 คน) และ47.41 (275,933 คน) ตามลำดับ อัตราป่วย 8.79 (4,002 คน) จากประชากร 45,517,463 คน และผลการคัดกรองในจังหวัดมหาสารคาม จำนวน 3,412 คน พบว่าผลการตรวจอยู่ในระดับไม่ปลอดภัย มีความเสี่ยง ปลอดภัย และปกติ ร้อยละ 28.52 (973 คน), 23.86 (814 คน), 20.87 (712 คน) และ 26.76 (913 คน) ตามลำดับ อัตราป่วย 3.63 (24 คน) จากประชากร 661,471 คน [7] จากการคัดกรองในตำบลศรีสุข ปี 2563 จำนวน 220 คน พบเกษตรกรที่มีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับมีความเสี่ยง และไม่ปลอดภัย ร้อยละ 83.64 [8]

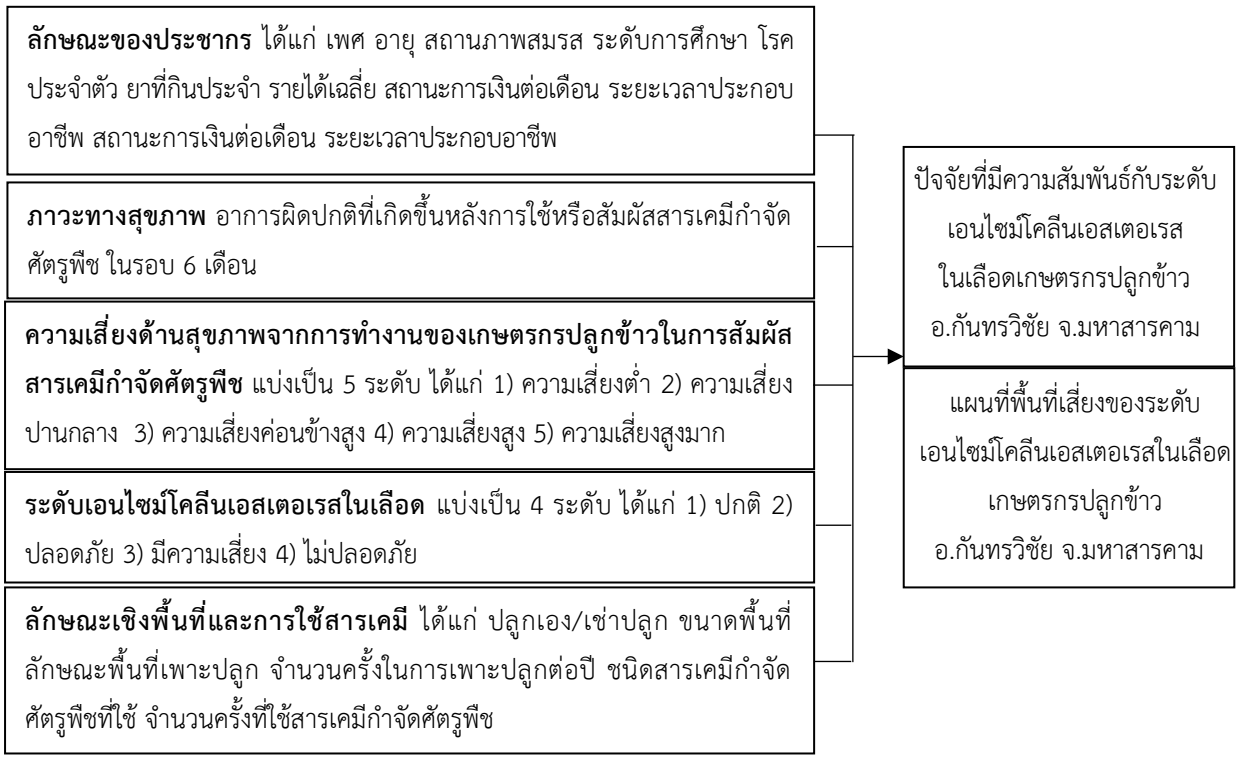
การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและติดตามปริมาณเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด เป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่ใช้ในการจัดการปัญหาการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสามารถหาแนวทางในการป้องกันและช่วยลดปัญหาสุขภาพของเกษตรกรได้ นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือที่ช่วยให้ทราบความเสี่ยงในระดับพื้นที่ คือ ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ใช้ในการระบุข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นข้อดีของผู้ดำเนินการวางแผนในการจัดการปัญหาในระดับพื้นที่ให้เห็นภาพชัดเจน ช่วยให้การวางยุทธศาสตร์หรือนโยบายเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [9] งานวิจัยหลายฉบับมีการชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส แต่ยังขาดการเก็บข้อมูลในระดับชีวเคมีควบคู่กับการวิเคราะห์ GIS เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยง ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส และการประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่ของเกษตรกรปลูกข้าวในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในระดับพื้นที่ใช้ผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังและป้องกันโรคจากการประกอบอาชีพของเกษตรกรในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินความเสี่ยงในการทำงานจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ของเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับความปลอดภัยเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
3. เพื่อใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ระบุพื้นที่จากผลตรวจเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แบบประเมินความเสี่ยงในการทำงานของเกษตรกรจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (นบก. 1-56) กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (ดังแผนภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบตัดขวาง (Cross-Sectional Descriptive Study) เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนธันวาคม 2567 ดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ เกษตรกรปลูกข้าวใน อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 11,952 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คำนวณตัวอย่างจากสูตรของ Hsieh, Bloch, & Larsen [10] กรณีการวิเคราะห์การถดถอยพหุโลจีสติก (Multiple Logistic Regression) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 409 คน คำนวณขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 505 คน คำนวณหาสัดส่วน (Probability Proportional to Size: PPS) ในแต่ละตำบล 10 ตำบล โดยมีเกณฑ์คัดเข้า คือ เป็นเกษตรกรที่ปลูกข้าว อายุ 18 ปีขึ้นไป ปฏิบัติงานจริงในพื้นที่มากกว่า 1 ปี ไม่มีปัญหาเรื่องการสื่อสาร ไม่เป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน ไม่ป่วยด้วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่รับประทานยาคลายกล้ามเนื้อ (Pyridostigmine) ไม่เป็นผู้ที่มีอาการบาดเจ็บทางสมอง หรือโรคทางสมอง อัลไซเมอร์ ไม่เป็นผู้ป่วยโรคต้อหิน และไม่เป็นผู้ที่รับประทานรางจืดเป็นประจำหรือก่อนรับการคัดกรองอย่างน้อย 1 วัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 2 เครื่องมือ ดังนี้

2.1 แบบสอบถามประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของเกษตรกรปลูกข้าวในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ดัดแปลงจากแบบประเมินความเสี่ยงในการทำงานของเกษตรกรจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (นบก. 1-56) ของกระทรวงสาธารณสุข โดยเพิ่มปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อปี สถานะทางการเงินต่อเดือน อาชีพเสริมจากการเพาะปลูก อาชีพหลัก ขนาดพื้นที่เพาะปลูก ระยะเวลาในการประกอบอาชีพเกษตรกร การครอบครองพื้นที่เกษตรกรรม จำนวนครั้งในการเพาะปลูกต่อปี จำนวน 11 ข้อ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และการปฏิบัติตัวในขณะทำงาน เป็นแบบเลือกตอบ และคำถามเกี่ยวกับลักษณะการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจำนวน 15 ข้อ โดยมี 3 ตัวเลือก ได้แก่ ไม่ใช่ (ไม่เคยปฏิบัติเลย) ใช่บางครั้ง (ปฏิบัติบางครั้ง มิได้ปฏิบัติทุกครั้ง) ใช่ทุกครั้ง (ปฏิบัติทุกครั้ง)

ส่วนที่ 3 ข้อมูลสุขภาพ ได้แก่ อาการผิดปกติที่เกิดขึ้นหลังการใช้ หรือสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในรอบ 6 เดือน เลือกตอบ ไม่มีหรือมี จากนั้นเลือกอาการผิดปกติ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ) แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ อาการเล็กน้อย (เสี่ยงปานกลาง) อาการปานกลาง (เสี่ยงสูง) และอาการรุนแรง (เสี่ยงสูงมาก)

ส่วนที่ 4 สรุปผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการทำงานเบื้องต้น นำคะแนนส่วนที่ 2 และ 3 มาเทียบผลในตารางที่แบ่งความเสี่ยงเป็น 5 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง ค่อนข้างสูง สูง และสูงมาก

ส่วนที่ 5 ข้อมูลคัดกรองก่อนการตรวจหาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เป็นข้อมูลการคัดกรองหาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ก่อนการเจาะเลือดตรวจคัดกรอง โดยมีแบบสอบถามข้อมูลก่อนคัดกรองเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเกษตรกร จำนวน 7 ข้อ ลักษณะเลือกตอบ 6 ข้อ

ส่วนที่ 6 ผลการตรวจคัดกรองเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ด้วยกระดาษทดสอบสำเร็จรูป ระบุผลเลือดโดยเจ้าหน้าที่สาธารณสุข แบ่งผลการตรวจออกเป็น 4 ระดับตามสีของกระดาษทดสอบ คือ สีเขียวเข้ม (ไม่ปลอดภัย) สีเขียว (มีความเสี่ยง) สีเหลืองอมเขียว (ปลอดภัย) สีเหลือง (ปกติ)

2.3 โปรแกรม QGIS version 3.8.2 แปลผล และนำเสนอข้อมูลการประเมินความเสี่ยงระดับพื้นที่โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ปี 2567 และแผนที่ GIS ของ อำเภอกันทรวิชัย แยกรายตำบล

3. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

นำเครื่องมือไปตรวจสอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.98 และทดลองใช้ในกลุ่มเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอเชียงยืน จำนวน 30 คน หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาช (Cronbach’s Alpha Coefficient) เท่ากับ 0.78

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 เมื่อได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ผู้วิจัยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่วิจัยไปยังนายกองค์การบริหารส่วนจังหวัดมหาสารคาม และจัดประชุมผู้ช่วยวิจัยเพื่ออบรมวิธีการคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และการบันทึกข้อมูลใน Google From

4.2 ดำเนินการเก็บข้อมูลตามแบบสอบถามและตรวจเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส 1 ครั้ง ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม และบันทึกข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป หากพบอาสาสมัครที่มีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอยู่ในระดับเสี่ยงหรือไม่ปลอดภัย ผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยให้คำแนะนำการปฏิบัติตัวเพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่มาก และส่งต่อแพทย์เพื่อดำเนินการดูแลรักษาต่อไป

4.3 แบ่งข้อมูลระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) และข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ระบุความเสี่ยงในพื้นที่นั้นโดยใช้ข้อมูลเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป STATA version 18

1) ข้อมูลลักษณะทั่วไปใช้สถิติพรรณนา นำเสนอผลโดยค่าการแจกแจงความถี่ ร้อยละ และตัวแปรแบบต่อเนื่อง นำเสนอโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงกับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกร ในการศึกษาครั้งนี้ ได้กำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจัดระดับความเสี่ยงในแต่ละปัจจัยที่จะนำเข้ามาในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในการจัดระดับความเสี่ยงมาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กำหนดระดับความเสี่ยงจากผลตรวจเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เพื่อหาความสัมพันธ์ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส โดยแบ่งระดับความเสี่ยงออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับความเสี่ยงปลอดภัย หมายถึง ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับปกติและปลอดภัย และ 2) ระดับมีความเสี่ยง หมายถึง ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับมีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัย ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัย ดังนี้ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทีละคู่ (Bivariable Analysis) จากนั้นทดสอบความสัมพันธ์อย่างหยาบ (Crude Association) โดยใช้สถิติการวิเคราะห์โลจิสติกแบบง่าย (Simple Logistic Regression) คัดเลือกตัวแปรที่มีค่า p-value < 0.25 นำเข้าสู่โมเดลเริ่มต้นในการวิเคราะห์ Multivariable Analysis นำเสนอด้วยค่า Crude odds ratio, 95% Confidence interval (CI) และค่า p-value วิเคราะห์ความสัมพันธ์คราวละหลายปัจจัย (Multivariable Analysis) นำตัวแปรที่ได้เข้าโมเดลเริ่มตัน (Initial Model) ตัดตัวแปรที่ไม่มีผลต่อตัวแปรตามออกจากโมเดล (Backward Elimination) ที่ค่า p-value <0.05 จะได้โมเดลสุดท้าย (Final Model) ที่เหมาะสมที่สุด นำเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยค่า Adjusted Odds Ratio (OR_{adj}) และค่าความเชื่อมั่น (95% CI) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.1.2 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ QGIS โดยนำข้อมูล Categorical จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป STATA Version 18 และนำเสนอข้อมูลแบบ Polygon ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับปกติ ปลอดภัย มีความเสี่ยง และไม่ปลอดภัย แสดงร้อยละที่พบมากที่สุดในพื้นที่ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส

2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินความเสี่ยงในการทำงานของเกษตรกร แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับมีความเสี่ยงต่ำ ระดับมีความเสี่ยงปานกลาง ระดับมีความเสี่ยงค่อนข้างสูง ระดับมีความเสี่ยงสูง และระดับมีความเสี่ยงสูงมาก

6. การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ ได้ผ่านการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่โครงการ HE672173 ลงวันที่ 18 ตุลาคม 2567

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 68.51 (346 คน) อายุเฉลี่ย 57.22 ปี (S.D.=9.046) มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 89.50 (424 คน) การศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 51.88 (262 คน) ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 62.97 (318 คน) รายได้เฉลี่ย 17,790.50 บาท/ปี (S.D.= 76,864.99) เกษตรกรปลูกข้าวส่วนใหญ่จะทำการเพาะปลูกเอง ร้อยละ 94 (479 คน) ประกอบอาชีพปลูกข้าว >20 ปี ร้อยละ 53.66 (271 คน) ในการทำงานมักจะอยู่ในบริเวณที่มีการฉีดพ่นหรือสัมผัสผลผลิตที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 73.66 (327 คน) ส่วนใหญ่มีพื้นที่เพาะปลูก ≥ 5 ไร่ ร้อยละ 39.21(198 คน) สัมผัสสารเคมีมา >14 วัน ร้อยละ 81.58 (412 คน) จากการศึกษาพฤติกรรมเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช <2 วัน/เดือน ร้อยละ 70.50 (356 คน) และใช้ทั้งสารเคมีกำจัดแมลงและวัชพืช ร้อยละ 45.35 (229 คน) ไม่พบอาการผิดปกติ ร้อยละ 81.58 (412 คน) และอาการผิดปกติที่พบส่วนใหญ่มี

อาการเล็กน้อย (อาการกลุ่มที่ 1) รองลงมามีอาการปานกลาง (อาการกลุ่มที่ 2) และมีอาการรุนแรง (อาการกลุ่มที่ 3) คือ มีภาวะหมดสติหลังเกิดอาการกลุ่มที่ 2 ร้อยละ 16.44 (83 คน), 1.78 (9 คน) และ 0.20 (1 คน) ตามลำดับ

2. ผลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการทำงานในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งได้จากโอกาสเสี่ยงและอาการแสดง โดยจากข้อคำถามการปฏิบัติตัวในขณะทำงานของเกษตรกรปลูกข้าว พบว่า ส่วนใหญ่มีโอกาสสัมผัสความเสี่ยงในระดับเล็กน้อย มีคะแนนอยู่ในช่วง 15-24 คะแนน ร้อยละ 69.50 (351) รองลงมาพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีโอกาสสัมผัสความเสี่ยงระดับปานกลาง มีคะแนน 25-30 คะแนน ร้อยละ 25.15 (127 คน) และ 31-45 คะแนน เป็นกลุ่มที่มีโอกาสสัมผัสความเสี่ยงในระดับสูง ร้อยละ 5.35 (27 คน) ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 21.42 (S.D.=5.228) ค่ามัธยฐาน 20 คะแนน คะแนนต่ำสุด 15 คะแนน และคะแนนสูงสุด 36 คะแนน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1 และผลการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรปลูกข้าวส่วนมากมีความเสี่ยงต่ำ รองลงมาความเสี่ยงปานกลาง ความเสี่ยงค่อนข้างสูง และความเสี่ยงสูง ร้อยละ 65.54 (331 คน), 18.81 (95 คน), 10.50 (53 คน) และ 5.15 (26 คน) ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 2

3. ผลการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส พบว่า ส่วนใหญ่ตรวจพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอยู่ในระดับไม่ปลอดภัย รองลงมาอยู่ในระดับปลอดภัย ระดับเสี่ยง และระดับปกติ ร้อยละ 32.67 (165 คน), 31.49 (159 คน), 22.77 (115 คน) และ 13.07 (66 คน) ตามลำดับ เมื่อนำมาแบ่งระดับความเสี่ยงออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับความเสี่ยงปลอดภัย หมายถึง ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับปกติและปลอดภัย 2) ระดับมีความเสี่ยง หมายถึงระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับมีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัย พบว่า เกษตรกรปลูกข้าวพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับปลอดภัย ร้อยละ 44.55 (225 คน) และพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยง ร้อยละ 55.45 (280 คน) รายละเอียดดังตารางที่ 3 โดยการคัดเลือกตัวแปรต่าง ๆ เข้าสู่โมเดล จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทีละคู่ (Bivariable Analysis) จำนวน 7 ตัวแปร ได้แก่ เพศ (p-value = 0.051) สถานะทางการเงิน (p-value = 0.151) ระยะเวลาในการประกอบอาชีพเกษตรกรปลูกข้าว (p-value<0.001) การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (p-value = 0.007) ระยะเวลาการสัมผัสสารเคมีครั้งหลังสุด (p-value = 0.002) อาการผิดปกติที่เกิดขึ้นหลังการใช้หรือสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในรอบ 6 เดือน (p-value<0.001) และความเสี่ยงจากการทำงานในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (p-value<0.001) จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์คราวละหลายปัจจัย (Multivariable Analysis) ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของเกษตรกรปลูกข้าวอำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เมื่อควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ เพศหญิง พบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับมีความเสี่ยงเป็น 1.72 เท่า ของเพศชาย (OR_{adj} = 1.72; 95%CI = 1.12 to 2.68; p-value = 0.006) ระยะเวลาในการประกอบอาชีพเกษตรกรปลูกข้าว (ปี) พบว่า เกษตรกรที่ปลูกข้าวที่ทำงานมากกว่า 20 ปี พบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับมีความเสี่ยงเป็น 6.69 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ปลูกข้าวที่ทำงานน้อยกว่า 10 ปี (OR_{adj} = 6.69; 95%CI = 3.52 to 12.74, p-value<0.001) และการประเมินความเสี่ยง พบว่า เกษตรกรมีความเสี่ยงจากการทำงานค่อนข้างสูงมีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยง 32.97 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มระดับความเสี่ยงจากการทำงานความเสี่ยงต่ำ (OR_{adj} = 32.97; 95%CI = 9.44 to 115.20, p-value<0.001) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละโอกาสสัมผัสความเสี่ยงจากการปฏิบัติตัวในขณะทำงานของเกษตรกรปลูกข้าว (n=505)

โอกาสสัมผัสความเสี่ยง (คะแนนการปฏิบัติตัวในขณะทำงานของเกษตรกรปลูกข้าว)	**จำนวน**	**ร้อยละ**
กลุ่มที่ 1 ระดับเล็กน้อย (15 – 24 คะแนน)	351	69.50

โอกาสสัมผัสความเสี่ยง (คะแนนการปฏิบัติตัวในขณะทำงานของเกษตรกรปลูกข้าว)	จำนวน	ร้อยละ
กลุ่มที่ 2 ระดับปานกลาง (25 – 30 คะแนน)	127	25.15
กลุ่มที่ 3 ระดับสูง (31 – 45 คะแนน)	27	5.35
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	21.42 (5.228)	
ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด : สูงสุด)	20 (15:36)	

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละความเสี่ยงจากการทำงานในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว (n=505)

ระดับความเสี่ยงในการทำงานสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	จำนวน	ร้อยละ
มีความเสี่ยงต่ำ	331	65.54
มีความเสี่ยงปานกลาง	95	18.81
มีความเสี่ยงค่อนข้างสูง	53	10.50
มีความเสี่ยงสูง	26	5.15
มีความเสี่ยงสูงมาก	0	0

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละการแปลผลเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของเกษตรกรปลูกข้าว (n=505)

ระดับความเสี่ยง	จำนวน	ร้อยละ
ปลอดภัย	225	44.55
มีความเสี่ยง	280	55.45

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (n=505)

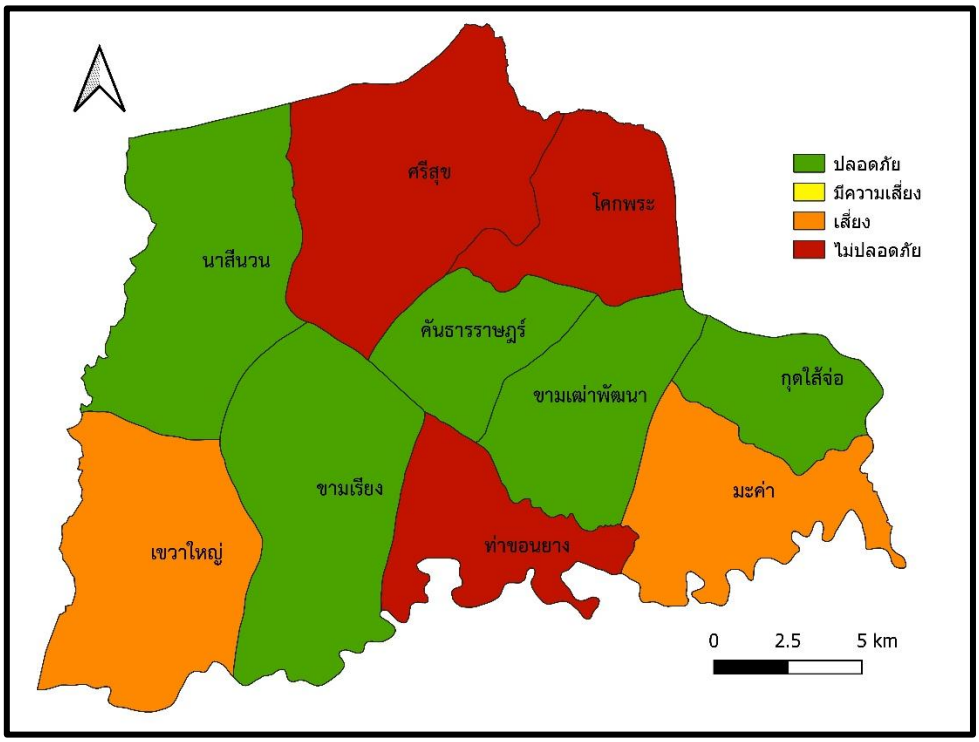
ปัจจัย	ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส		CRUDE OR	OR_{adj}	95% CI	P-VALUE
	ปลอดภัย (n=225)	มีความเสี่ยง (n=280)				
เพศ						
ชาย	81	78	1	1		0.006*
หญิง	144	202	1.45	1.72	(1.12 to 2.68)	
สถานะทางการเงินต่อเดือน						
พอใช้ เหลือเก็บ	59	71	1	1		0.110
พอใช้ ไม่เหลือเก็บ	81	87	0.89	1.27	(0.73 to 2.23)	
ไม่พอใช้ ไม่มีหนี้	27	54	1.66	4.32	(1.99 to 9.34)	
ไม่พอใช้ มีหนี้	58	68	0.97	1.63	(0.91 to 2.93)	
การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช						
กำจัดแมลง	11	16	1	1		0.201
กำจัดวัชพืช	98	86	0.60	0.27	(0.10 to 0.71)	
กำจัดแมลงและวัชพืช	84	145	1.19	0.60	(0.23 to 1.59)	

ปัจจัย	ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส		CRUDE OR	OR_{adj}	95% CI	P-VALUE
	ปลอดภัย (n=225)	มีความเสี่ยง (n=280)				
ไม่ได้ใช้สารเคมี/ใช้ปุ๋ยเคมี	32	33	0.71	0.52	(0.18 to 1.52)	
ระยะเวลาการสัมผัสสารเคมีครั้งหลังสุด						
1 – 2 วันที่ผ่านมา	11	4	1	1		0.099
3 – 7 วัน	8	30	10.31	7.14	(1.05 to 48.71)	
7 – 14 วัน	19	21	3.04	1.98	(0.34 to 11.44)	
มากกว่า 14 วันขึ้นไป	187	225	3.31	6.81	(1.39 to 33.25)	
ระยะเวลาในการประกอบอาชีพเกษตรกรปลูกข้าว (ปี)						
น้อยกว่า 10	60	24	1	1		<0.001*
10 – 20	66	84	3.18	5.59	(2.78 to 11.26)	
มากกว่า 20	99	172	4.34	6.69	(3.52 to 12.74)	
การประเมินความเสี่ยงในการทำงาน						
มีความเสี่ยงต่ำ	188	143	1	1		<0.001*
มีความเสี่ยงปานกลาง	32	63	2.58	3.26	(1.89 to 5.59)	
มีความเสี่ยงค่อนข้างสูง	3	50	21.91	32.97	(9.44 to 115.20)	
มีความเสี่ยงสูง	2	24	15.77	24.72	(5.24 to 116.62)	

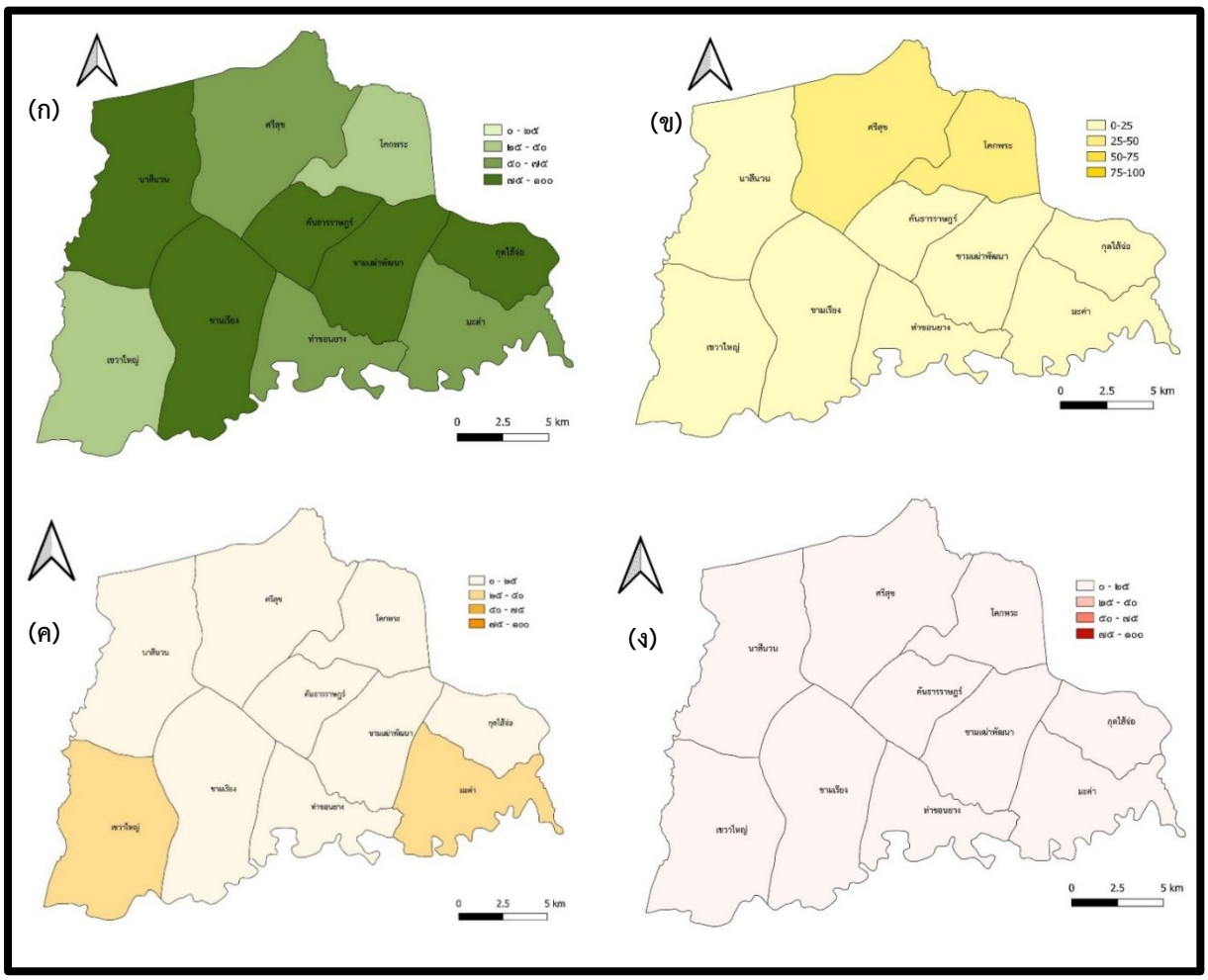
* ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (p-value<0.05)

4. ผลการศึกษาพื้นที่เสี่ยงด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) แสดงพื้นที่เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอกันทรวิชัยทั้ง 10 ตำบล พบพื้นที่ที่มีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอยู่ในระดับปลอดภัย 5 ตำบล ยังพบว่ามีพื้นที่ที่ไม่ปลอดภัยจำนวน 3 ตำบล ซึ่งจากการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เมื่อนำข้อมูลมาแจกแจงรายตำบล พบว่า ปัจจัยด้านระยะเวลาการประกอบอาชีพเกษตรกรของทั้ง 3 พื้นที่ดังกล่าว พบว่าพื้นที่ตำบลศรีสุขมีเกษตรกรทำอาชีพปลูกข้าวมากกว่า 40 ปี ร้อยละ 92.86 (65 คน) และปลูกข้าว 20-40 ปี ร้อยละ 7.14 (5 คน) โดยไม่มีเกษตรกรที่ปลูกข้าวน้อยกว่า 20 ปี ในพื้นที่ตำบลศรีสุข ในส่วนของตำบลโคกพระ มีเกษตรกรทำอาชีพปลูกข้าวมากกว่า 40 ปี ร้อยละ 78.43 (40 คน) ปลูกข้าว 20-40 ปี ร้อยละ 11.76 (6 คน) และปลูกข้าว 1-20 ปี ร้อยละ 9.80 (5 คน) และในพื้นที่ตำบลท่าขอนยาง มีเกษตรกรทำอาชีพปลูกข้าวมากกว่า 40 ปี ร้อยละ 50.82 (31 คน) ปลูกข้าว 20-40 ปี ร้อยละ 39.34 (24 คน) และปลูกข้าว 1-20 ปี ร้อยละ 9.84 (6 คน) จากข้อมูลระยะเวลาในการประกอบอาชีพปลูกข้าวของเกษตรกรทั้ง 3 พื้นที่จะเห็นได้ว่าเกษตรกรทำการปลูกข้าว 20 ปีขึ้นไป และส่วนใหญ่ปลูกข้าวมากกว่า 40 ปี จากข้อมูลดังกล่าวสามารถอนุมานได้ว่าอาจเกิดการสะสมของปริมาณเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในร่างกาย และมีพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกัน 2 ตำบล และพื้นที่ตำบลที่มีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอยู่ในระดับเสี่ยง 2 ตำบล รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 2 ผลจากการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว พบว่า มีพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำ จำนวน 5 ตำบล (ภาพ ก) พื้นที่ที่มีความเสี่ยงปานกลาง จำนวน 2 ตำบล (ภาพ ข) พื้นที่ที่มีความเสี่ยงค่อนข้างสูง จำนวน 2 ตำบล (ภาพ ค) และไม่พบพื้นที่ที่มี

ความเสี่ยงสูง (ภาพ ง) เนื่องจากว่าทุกพื้นที่มีระดับความเสี่ยงสูงน้อยกว่าร้อยละ 25 เนื่องจากพื้นที่ที่จะประเมินและมีระดับความเสี่ยงสูงดังกล่าวนั้นต้องมีอาการแสดงอย่างน้อย 1 อาการ ซึ่งพบเพียงร้อยละ 5.15 ของพื้นที่ เท่านั้น รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แสดงผลเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม (รายตำบล)



ภาพที่ 3 การประเมินความเสี่ยงในการทำงานของเกษตรกรปลูกข้าว อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ระดับความเสี่ยงต่ำ (ก) ความเสี่ยงปานกลาง (ข) ความเสี่ยงค่อนข้างสูง (ค) และความเสี่ยงสูง (ง)

การอภิปรายผล

1. การประเมินความเสี่ยงจากการทำงานมีพื้นที่ความเสี่ยงสูง 5 ตำบล ผลการตรวจเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส พบหนึ่งในสามของกลุ่มตัวอย่าง (ร้อยละ 32.67) มีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับไม่ปลอดภัย ซึ่งมีลักษณะที่สอดคล้องกับการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของเกษตรกร จังหวัดสงขลา ที่ค้นพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยง และระดับไม่ปลอดภัย [11] และในพบพื้นที่ที่ตรวจผลเลือดพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับไม่ปลอดภัย 3 ตำบล คาดว่าเกิดจากระยะเวลาในการสัมผัสสารเคมีของเกษตรกรซึ่งกลุ่มที่มีการสัมผัส 3–7 วัน มีโอกาสตรวจพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสมีความเสี่ยงเป็น 10.31 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่สัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากกว่า 7 วัน อธิบายได้จากการศึกษาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสก่อนและหลังได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในเกษตรกรของประเทศอิหร่าน พบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในพลาสมาก่อนและหลังสัมผัสสารเคมี 8 สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) หลังจากนั้นเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจะลดลงจนอยู่ในระดับปกติ [12]

2. จากการศึกษาพบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ดังนี้

2.1 เพศหญิงพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยงเป็น 1.72 เท่าของเพศชาย คาดว่าเกิดจากพฤติกรรมการสัมผัสสารเคมี จากการศึกษาผลกระทบจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสุขภาพเกษตรกรและสิ่งแวดล้อมประเทศมาลาวี ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเพศชายมีแนวโน้มในการใช้สารเคมีปลอดภัยมากกว่าหญิง ($p < 0.040$) [13] และทินกร ชื่นชม [14] ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเกษตรกรที่มีเพศใกล้เคียงกัน พบว่าเพศหญิงมีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอยู่ในระดับไม่ปลอดภัยมากกว่าเพศชาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value= 0.037) ซึ่งสามารถอธิบายได้จากการศึกษาของ Saldanha [15] ที่พบว่าเพศหญิงมีสรีระวิทยาต่างจากเพศชาย และเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสบนเยื่อหุ้มเม็ดเลือดแดงมีความแตกต่างกัน ซึ่งอะดรีนาลีน (Adrenaline) หรืออิพิเนฟริน (Epinephrine) ในเพศหญิงจะยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสต่างกับเพศชายในระดับเซลล์ และอาจมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคที่แตกต่างกัน

2.2 ระยะเวลาในการประกอบอาชีพ พบว่า เกษตรกรที่ปลูกข้าวที่ทำงานมากกว่า 20 ปี พบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับมีความเสี่ยงเป็น 6.69 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ปลูกข้าวที่ทำงานน้อยกว่า 10 ปี ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกร พบว่า เกษตรกรที่สัมผัสสารเคมีกำจัดแมลงเป็นระยะเวลาน้อยกว่า 10 ปี มีโอกาสตรวจพบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสที่ระดับไม่ปลอดภัย 3.33 เท่าเมื่อเทียบกับผู้ที่สัมผัสสารกำจัดแมลงโดยตรง เกิดจากระยะเวลาในการสัมผัสสารเคมีจนมีการสะสมในร่างกาย [4]

2.3 การประเมินความเสี่ยงจากการทำงานในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่า กลุ่มที่มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงมีโอกาสที่จะพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยง 32.97 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่ำ อย่างไรก็ตาม ค่าความเชื่อมั่น (95%CI=9.44 to 115.20) ที่ค่อนข้างกว้างอาจเนื่องมาจากการจัดกลุ่มของระดับความเสี่ยงจากการสัมผัสเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงจึงอาจทำให้ค่าความเชื่อมั่นมีช่วงกว้าง แต่ยังมีการศึกษาของสุนันท์ ศรีวิรัตน์ และสุวพิทย์ แก้วสนิท [11] ที่ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกร จังหวัดสงขลา ที่พบว่ากลุ่มที่มีพฤติกรรมการป้องกันตนเองไม่ดีจะตรวจพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับมีความเสี่ยง และไม่ปลอดภัยมากที่สุด ร้อยละ 64.1 ซึ่งสนับสนุนปัจจัยดังกล่าวว่ามีความสัมพันธ์กับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส

3. การระบุพื้นที่เสี่ยงด้วย GIS จากผลตรวจเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเกษตรกรปลูกข้าว 10 ตำบล พบว่าพื้นที่ที่มีเอนไซม์ระดับปลอดภัยมีพื้นที่ใกล้เคียงกัน 5 ตำบล ซึ่งเป็นพื้นที่เดียวกับแผนภาพการประเมินความเสี่ยง จากการทำงานในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่พบว่ามีระดับความเสี่ยงต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติตัวที่มีความสัมพันธ์กับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกรผู้ปลูกยาสูบในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า ระดับความรู้มีความสัมพันธ์กับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value<0.001) [16] และเมื่อศึกษาในเชิงลึกในรายละเอียดแต่ละตำบลพบว่าระยะเวลาในการประกอบอาชีพของเกษตรกรปลูกข้าวในพื้นที่ 3 ตำบล ที่ตรวจพบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับไม่ปลอดภัย พบว่าเกษตรกรปลูกข้าวส่วนใหญ่ประกอบอาชีพดังกล่าวมากกว่า 40 ปี สอดคล้องกับการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีในพื้นที่เพาะปลูกข้าว ประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ระยะเวลาการประกอบอาชีพมีความเสี่ยงต่อเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส 9.1 เท่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [17] พื้นที่ความเสี่ยงค่อนข้างสูง 2 ตำบล สอดคล้องกับแผนภาพที่แสดงเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระดับเสี่ยงซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำ และปลายน้ำของแม่น้ำชีคล้ายกับการศึกษาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในปลาจากแหล่งน้ำ 2 แหล่ง ที่ไหลผ่านของพื้นที่เกษตรกรรม พบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในแหล่งน้ำทั้งสองไม่ต่างกันอาจมีการปนเปื้อนของสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในแหล่งน้ำที่ทำการเกษตร [18] จากการวิเคราะห์ผลที่แสดงบนแผนที่ GIS พบพื้นที่เสี่ยงจากการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานในการสัมผัสสารเคมีกำจัดศตรูพืช โดยพบในระดับมีความเสี่ยงสูง โดยในระดับความเสี่ยงสูงนี้จะต้องพบอาการแสดงอย่างน้อย 1 อาการ ได้แก่ หมดสติ เป็นตะคริว อาเจียน ท้องเสีย ปวดแสบร้อน แสบจมูก ไอ เวียนศีรษะ คันผิวและผิวแตก

อธิบายได้จากกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสพบได้ในเซลล์เม็ดเลือดแดง Nicotinic Receptors และMuscarinic Receptors ในระบบประสาทสมองและกล้ามเนื้อ ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบประสาทในสัตว์แมลงและมนุษย์ เมื่อได้รับพิษจะทำให้เกิดการกระตุ้นของระบบประสาท เช่น การหลั่งของน้ำลายและต่อมต่าง ๆ ลดการหดตัวของรูม่านตา ปากขยับบ่อย สั่นชัก กล้ามเนื้อกระตุก หดเกร็ง [19] คล้ายกับการศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในเกษตรกร กรณีศึกษาชุมชนบ้านมะค่าใต้ จังหวัดบุรีรัมย์ โดยผลการศึกษาระบุว่าผลการประเมินความเสี่ยงมีความสัมพันธ์กับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value<0.05) ซึ่งมักจะพบอาการที่เกิดขึ้นหลังสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วย [20] ทางเกษตรกรอำเภอกันทรวิชัย มีแผนพัฒนาการเกษตรระดับอำเภอ ปี 2566-2570 ซึ่งมีแนวทางในการพัฒนาการเกษตรระดับอำเภอกันทรวิชัย ที่มีเป้าหมายในการผลิตข้าวอย่างครบวงจรและยั่งยืน ตามแนวทางของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยมีโครงการส่งเสริมการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวมาตรฐาน การพัฒนาการผลผลิตข้าวครบวงจร และโครงการการฝึกอบรมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อปรับปรุงดินและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร [21] จากผลการดำเนินงานปี 2568 ตามแบบรายงานการวิเคราะห์สถานการณ์เกษตรอำเภอกันทรวิชัย พบพื้นที่ต้นแบบในการทำเกษตรอินทรีย์ตามแผนพัฒนาการเกษตร ทั้ง 10 ตำบล ซึ่งมีหมู่บ้านต้นแบบทั้งหมด 25 หมู่บ้าน ที่เป็นพื้นที่ต้นแบบศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตรอำเภอกันทรวิชัยด้วยการทำนาข้าวอินทรีย์ [22] แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ จากข้อมูลผลการวิเคราะห์พื้นที่ GIS ที่ตรวจพบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับไม่ปลอดภัย ในพื้นที่ 3 ตำบล เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลจจากแบบสอบถาม พบว่า ยังมีการใช้สารเคมีทางการเกษตร เช่น พื้นที่ตำบลท่าขอนยาง มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงและวัชพืช ร้อยละ 73.77 (45 คน) ตำบลศรีสุข มีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ร้อยละ 60 (42 คน) และตำบลโคกพระ มีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ร้อยละ 62.75 (32 คน) และใช้สารเคมีกำจัดแมลงและวัชพืช ร้อยละ 13.73 (7 คน) ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะต้องนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุหรือปัจจัยที่เกษตรกรยังใช้สารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชอยู่ รวมทั้งหาวิธีที่เหมาะสมในการสนับสนุนโครงการส่งเสริมการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวมาตรฐาน การพัฒนาการผลิตข้าวครบวงจร และโครงการการฝึกอบรมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อปรับปรุงดินและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้หน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่ดำเนินการติดตามอาการและให้คำแนะนำในการปฏิบัติตนให้ถูกต้องในกลุ่มที่มีผลการประเมินความเสี่ยงที่ระดับความเสี่ยงค่อนข้างสูง และความเสี่ยงสูง รวมทั้งมีการคัดกรองและให้ความรู้อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งให้หน่วยงานท้องถิ่น องค์การบริหารส่วนตำบล/จังหวัด ดำเนินการส่งเสริมการใช้วิธีการทางเลือกในการปลูกข้าวด้วยเกษตรกรอินทรีย์ ขยายพื้นที่ต้นแบบให้มีการทำเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น เพื่อลดการพึ่งพาสารเคมีในระยะยาวตามแผนพัฒนาเกษตรกรระดับอำเภอ ปี 2566-2570

2. ควรให้หน่วยงานท้องถิ่น องค์การบริหารส่วนตำบล/จังหวัด ดำเนินการส่งเสริมความรู้ในการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในเกษตรกรปลูกข้าว ที่ทำการปลูกข้าวมากกว่า 10 ปี เพื่อให้เกษตรกรมีความรอบรู้ในการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

3. ควรมีการศึกษาปัจจัยเชิงพื้นที่สิ่งแวดล้อม และปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เช่น แหล่งน้ำที่ใช้ทำเกษตรกรรม พื้นที่ที่มีเกษตรกรพบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระดับไม่ปลอดภัยและระดับมีความเสี่ยง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณนายกองค์การบริหารส่วนจังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเกษตรอำเภอกันทรวิชัย ผู้อำนวยการโรงพยาบาลกันทรวิชัย ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุกแห่งในอำเภอกันทรวิชัย รวมถึงเจ้าหน้าที่สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัยทุกท่าน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้พัฒนาตนในด้านวิชาการ และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1 National Statistical Office. Agricultural and fishery statistics [Internet]. 2022 Retrieved October 5, 2023, from https://www.nso.go.th/nsoweb/main/summano/P7?set_lang=en

2 สมบูรณ์ แพนสมบัติ. ความชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของเกษตรกรที่มีความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตำบลลาดพัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. วารสารโรงพยาบาลมหาสารคาม. 2565; 19(1): 147-156.

3 วลัญช์ชยา เขตบำรุง, มะลิ โพธิ์พิมพ์, จิราภรณ์ ประธรรมโย. บทความวิจัยต้นฉบับ: สถานการณ์สุขภาพเกษตรกรจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม T60.0 อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิจัยและพัฒนาด้านสุขภาพ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา. 2563; 6(2): 76-91.

4 เปียวิภา งอมสงัด, ปกกมล เหล่ารักษาวงษ์, อารยา ประเสริฐชัย. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความปลอดภัยเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกร อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2565; 15(1): 98-109.

5 ชัชวาล จันทรวิจิตร, อดิสรณ์ วรรธนะศักดิ์. ความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติความปลอดภัยในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร จังหวัดนครสวรรค์. เชียงใหม่เวชสาร. 2564; 60(4): 643-53.

6 วันปิติ ธรรมศรี. ผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรไทย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 2564; 39(4): 329–336.

7 กระทรวงสาธารณสุข. ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ (HDC) [Internet]. 2566 จาก https://hdc.moph.go.th/ center/public/standard-report

8 องค์การบริหารส่วนตำบลศรีสุข. รายงานสรุปโครงการ สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ องค์การบริหารส่วนตำบลศรีสุข. เอกสารรายงานสรุปโครงการสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ องค์การบริหารส่วนตำบลศรีสุข ประจำปีงบประมาณ 2562, องค์การบริหารส่วนตำบลศรีสุข, มหาสารคาม. 2563.

9 พุทธจักร ช่วยร่าย, อาจินต์ สงทับ. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในงานสาธารณสุข. วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้. 2562; 6(3): 229-236.

10 Hsieh FY, Bloch DA, Larsen MD. A simple method of sample size calculation for linear and logistic regression. Statistics in medicine. 1998; 17(14): 1623–1634. doi.org: 10.1002/(sici)1097-0258(19980730) 17:14<1623: aid-sim871>3.0.co;2-s

11 สุนันท์ ศรีวิรัตน์, สุวพิทย์ แก้วสนิท. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดสงขลา. วารสารควบคุมโรค. 2558; 41(2): 130-141.

12 Pakravan N, Shokrzadeh M, Bari MAK, Shadboorestan A. Measurement of cholinesterase enzyme activity before and after exposure to organophosphate pesticides in farmers of a suburb region of Mazandaran, a northern province of Iran. Human & Experimental Toxicology. 2015; 35(3): 297-301. doi.org: 10.1177/ 0960327115584990

13 Kanyika-Mbewe C, Kaonga C, Chidya R, Wanda E, Odong R, Kubiriza GK, Akoll P. Pesticide handling practices and associated ecotoxicological and human health risks among rice farmers in Karonga district, Malawi. BMC Environmental Science. 2025; 2(6). doi:10.1186/s44329-025-00019-5

14 ทินกร ชื่นชม. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกร. วารสารแพทย์เขต. 2561; 4-5: 37(5): 86-97.

15 Saldanha C. Human Erythrocyte Acetylcholinesterase in Health and Disease. Molecules. 2017; 22(9): 1499. doi: 10.3390/molecules22091499

16 ศรัณยา ปันคุณ, เสาวนีย์ หน่อแก้ว. ความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติ (KAP) ที่เกี่ยวข้องกับระดับโคลีนเอสเทอเรสในเลือดของเกษตรกรผู้ปลูกยาสูบในภาคเหนือของประเทศไทยการประเมินความเสี่ยงของมนุษย์และระบบนิเวศ. วารสารนานาชาติ. 2561; 26(2): 283–294. doi: 10.1080/10807039.2018. 1506908

17 Maksuk, Kumalasari I, Amin M, Pane M. Health risk assessment of pesticide exposure in farmers around rice farming area in Ogan Ilir Regency, South Sumatra, Indonesia. The Indonesian Journal of Public Health. 2024; 19(1): 118–131. doi:10.20473/ ijph.v19i1.2024.118-131

18 Fajardo LJ, Ocampo PP. Inhibition of acetylcholinesterase activities in whitegoby, Glossogobius giuris from the East Bay of Laguna Lake, Philippines. International Journal of Agricultural Technology. 2021; 14(7): 1181–1192. Retrieved from https://www.ukdr.uplb.edu.ph /journal-articles/947

19 กรมควบคุมโรค. แนวทางเฝ้าระวังและสอบสวนโรคหรืออาการสำคัญของพิษจากสารกำจัดศัตรูพืช ภายใต้พระราชบัญญัติควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2562. [Internet]. 2566; ค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2565, จาก https://www.ddc.moph.go.th/dla/pagecontent.php?page=1965&dept=dla

20 ฉวีวรรณ ยอดอินทร์, กนิษฐา จอดนอก, กนกวรรณ พรหมประโคน. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในเกษตรกร: กรณีศึกษา ชุมชนบ้านมะค่าใต้. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 2566; 32(6): 989–999.

21 สุมิตตา บุญผิว. แผนพัฒนาการเกษตร อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2565 – 2570 ฉบับทบทวน ปี พ.ศ. 2565. 2565; 37-40.

22 สำนักงานเกษตรอำเภอกันทรวิชัย. แบบรายงานผลการวิเคราะห์สถานการณ์การเกษตรของอำเภอ ตามแนวทางการจัดทำแผนพัฒนาการเกษตร ระดับอำเภอ/ตำบล (ฉบับปรับปรุง 2568). 2568; 13-15.

บทความวิจัย (Research Article)

การเปรียบเทียบวัสดุเพาะในการผลิตหัวเชื้อและก้อนเชื้อขยายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญของเห็ดเยื่อไผ่ (*Dictyophora indusiata*)

Comparison of substrates for inoculum and spawn development to enhance mycelial growth of *Dictyophora indusiata*

เนตรดารา จันทร์อุตส่าห์[1] ทิพยาภรณ์ กล้าวิกรณ์[2] เอกรินทร์ โพธิ์ทอง[2] และ ปุญญิศา ชารีรักษ์[2*]
Natedara Chanutsa[1], Tipyaporn Klawvikon[2], Ekarin Photong[2] and Punyisa Charirak[2*]
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[1]Department of Science and Mathematics, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University, Kalasin, Thailand
[2]Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin, Thailand
**Corresponding author: Email Munggornkub@gmail.com*

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
1 กรกฎาคม 2568	22 ตุลาคม 2568	22 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

เห็ดเยื่อไผ่ (*Dictyophora indusiata*) เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคเพื่อบำรุงสุขภาพ แต่มีข้อจำกัดด้านการผลิตเนื่องจากใช้เวลานานในการผลิตหัวเชื้อและก้อนเชื้อ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวัสดุหัวเชื้อจากเมล็ดธัญพืช 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวฟ่าง ข้าวเปลือก ข้าวโพด และถั่วเขียว และสูตรก้อนเชื้อขี้เลื่อย 3 สูตร เพื่อลดระยะเวลาการขยายหัวเชื้อ การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) การผลิตหัวเชื้อจากเมล็ดธัญพืช โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 5 ซ้ำ บ่มที่ 28 องศาเซลเซียส ประเมินการเจริญหลัง 40 วัน และ (2) การผลิตก้อนเชื้อขี้เลื่อยในโรงเรือน โดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ 3 ซ้ำ วัดการเจริญของเส้นใยรายสัปดาห์ 7 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุด โดยเส้นใยเจริญเฉลี่ย 92.90 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) สูตรที่ 1 (ขี้เลื่อย ปูนขาว ดีเกลือ ภูไมท์ กากน้ำตาล รำละเอียด) และสูตรที่ 2 (เปลี่ยนกากน้ำตาลเป็นแป้งข้าวเจ้า) ให้ผลดีที่สุด โดยเส้นใยเจริญเต็มก้อนขนาด 16 เซ็นติเมตร ภายใน 7 สัปดาห์ (49 วัน) โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.01$) ส่วนสูตรที่ 3 (ขี้เลื่อย ปูนขาว ดีเกลือ ภูไมท์ กระถินป่น ส่าเหล้า และรำละเอียด) ให้ผลต่ำกว่า (13.63 เซ็นติเมตร) ผลการศึกษานี้สนับสนุนการใช้ข้าวฟ่างและสูตรก้อนเชื้อขี้เลื่อยที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหัวเชื้อและลดระยะเวลาการเพาะเลี้ยงเห็ดเยื่อไผ่

คำสำคัญ: เห็ดเยื่อไผ่, ก้อนเชื้อขยาย, ก้อนเชื้อขี้เลื่อย

Abstract

Dictyophora indusiata is an economically important edible mushroom valued for its health benefits. However, production faces limitations due to extended cultivation periods for spawn and substrate preparation. This research compared materials for inoculum substrate using four cereal grains (sorghum, paddy rice, corn, and mung bean) and three sawdust-based substrate formulations to reduce spawn expansion time. The experiment comprised two parts: (1) inoculum substrate from cereal grains using completely randomized design with 5 replications, incubated at 28°C, with mycelium growth evaluated after 40 days, and (2) sawdust spawn production in greenhouse using randomized complete block design with 3 replications, measuring weekly mycelium growth for 7 weeks. The results showed that sorghum was the most suitable substrate for inoculum production, yielding 92.90% mycelial growth, which was significantly higher than other grains ($p \leq 0.01$). For spawn bag development, Formulations 1 and 2 provided the best results, with mycelium fully colonizing the 16 cm substrate bags within 49 days. Formulation 1 consisted of sawdust, lime, Epsom salt, pumice, gypsum, molasses, and fine rice bran, while Formulation 2 contained sawdust, lime, Epsom salt, pumice, gypsum, rice flour, and fine rice bran. Formulation 3, composed of sawdust, lime, Epsom salt, pumice, gypsum, ground Leucaena meal, distillers' grain, and fine rice bran, resulted in slightly lower growth at 13.63 cm.

Keywords: *Dictyophora indusiate*, mushroom substrate, sawdust spawn

บทนำ

เห็ดเยื่อไผ่ (*Dictyophora indusiata* Fisch.) หรือ "เห็ดร่างแห" มีรูปลักษณ์โดดเด่นคือหมวกทรงกระบอกที่คลุมด้วยมูกสปอร์สีเขียวคล้ำและมี "กระโปรง" ตาข่ายสีขาวห้อยจากคอคอดใต้หมวก จนได้รับสมญาว่า bamboo mushroom หรือ lady of the veil [1] เห็ดชนิดนี้กระจายพันธุ์ทั่วไปในป่าไผ่เขตร้อนของจีน ญี่ปุ่น อินเดีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และถูกบันทึกเป็นสมุนไพรในตำรายาจีนมาตั้งแต่สมัยราชวงศ์ถัง[2] ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงเชิงการค้าอย่างแพร่หลายในมณฑลฝูเจี้ยน กุ้ยโจว และยูนนานของจีน[1] และเริ่มขยายสู่เกษตรกรไทยเพื่อเพิ่มทางเลือกด้านเศรษฐกิจ

เห็ดเยื่อไผ่อุดมด้วยโพลีแซ็กคาไรด์ เบตา-กลูแคน เทอร์พีนอยด์ และสารโมเลกุลเล็กอื่น ๆ ซึ่งแสดงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลากหลาย เช่น ต้านการเกิดเนื้องอก[3] ต้านโรคอ้วนและปรับสมดุลในในลำไส้[4] เสริมภูมิคุ้มกัน[5] และสมานแผลผ่านการยับยั้ง MMP-2 [6] นอกจากนี้สาร sesquiterpene และ dictyophorine A และ B ยังถูกค้นพบว่ากระตุ้นการสังเคราะห์ Nerve Growth Factor (NGF) ในเซลล์ประสาท[7] คุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางยาเหล่านี้จึงทำให้เห็ดเยื่อไผ่ได้รับความสนใจในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือก อาหารเสริม และเวชสำอางสมัยใหม่ ([1]; [8]) โดยในประเทศไทยชนิดที่นิยมนำมารับประทานคือเห็ดเยื่อไผ่กระโปรงสั้นสีขาว (*D. duplicata*) และเห็ดเยื่อไผ่กระโปรงยาวสีขาว (*D. indusiata*) [9]

ในประเทศไทยมีการเพาะเห็ดเยื่อไผ่เพื่อการค้าในปริมาณไม่มากนัก โดยขั้นตอนการเพาะเห็ดเยื่อไผ่ จะใช้วัสดุเพาะ เช่น ใบไผ่ ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย ฟางข้าว แกลบดิบ เป็นต้น นำมาผสมกันแล้วนำวัสดุเพาะโรยในชั้นเพาะหรือบนดินที่เตรียมทำเป็นแปลงไว้ เป็นชั้น ๆ และใช้เส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ที่เจริญในก้อนเชื้อขยาย (spawn) ที่ทำจากขี้เลื่อยจนเต็มก้อนมาโรยบนชั้นของวัสดุที่โรยไว้ชั้นล่าง กลบทับด้วยวัสดุเพาะและกลบหน้าด้วยดินปลูก ([9]; [10]) ซึ่งก้อนเชื้อขยายเห็ดเยื่อไผ่ที่จำเป็นต่อการใช้ในการเพาะเห็ดให้ออกดอกนี้พบว่ามีการเจริญเส้นใยค่อนข้างช้าโดยพบว่าก้อนเชื้อขยายที่ทำจากขี้เลื่อย 94 เปอร์เซ็นต์, รำ

ละเอียด 5 เปอร์เซ็นต์, ดีเกลือ 0.2 เปอร์เซ็นต์, ปูนขาว 0.8 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักก้อนเชื้อ 500 กรัม เส้นใยเห็ดเยื่อไผ่สามารถเจริญเต็มวัสดุหรือเต็มถุงหลังบ่มเลี้ยงใช้เวลาเฉลี่ย 41.56 วัน[9] เป็นระยะเวลาที่ยาวนานมากในการผลิตเชื้อขยาย ทำให้ก้อนเชื้อขยายมีราคาแพงและอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการเพาะเห็ดเยื่อไผ่ที่มีความนิยมเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ (*D. indusiata*) ในเมล็ดธัญพืชพื้นฐาน 4 ชนิดที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เพื่อคัดเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวเชื้อที่มีต้นทุนต่ำ

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของก้อนเชื้อขยายที่ทำจากขี้เลื่อย 3 กรรมวิธี ซึ่งเป็นสูตรที่เกษตรกรใช้ในการเพาะเห็ดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การทำหัวเชื้อจากเมล็ดธัญพืช

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized Design) 5 ซ้ำการทดลอง กรรมวิธีทดลองได้แก่ เมล็ดข้าวฟ่าง ข้าวเปลือก ข้าวโพด ถั่วเขียว ล้างเมล็ดธัญพืชให้สะอาด แช่น้ำเมล็ดที่ล้างสะอาดแล้วเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นต้มในน้ำเดือด 20 นาที เทน้ำออก ผึ่งลมให้แห้ง (ยกเว้นเมล็ดถั่วเขียวซึ่งล้างในน้ำสะอาด ผึ่งแห้งแล้วนำไปบรรจุขวดโดยไม่ผ่านการต้ม) กรอกเมล็ดธัญพืชลงขวดแก้วขนาด กว้าง x ยาว x สูง: 6.5 x 6.5 x 17 เซ็นติเมตร ความจุ 325 มิลลิลิตร ขวดละ 100 กรัม อุดปากขวดด้วยสำลีและปิดทับด้วยกระดาษ รัดหนังยางให้แน่น นำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 30 นาที หลังจากขวดแก้วเย็นลงแล้วตัดเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ที่เลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 10 วัน ด้วย cork borer ขนาด 10 มิลิเมตร ใส่ลงในขวดเมล็ดธัญพืช บ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ประเมินการเจริญของเส้นใย โดยประเมินด้วยสายตาจากพื้นที่การเจริญของเส้นใยบนพื้นที่ปริมาตรของเมล็ดธัญพืชทั้งหมด

2. การทำก้อนเชื้อขยาย

วางแผนการทดลองสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ประกอบด้วย 3 บล็อก (3 ซ้ำ) ซ้ำละ 10 ก้อน และมี 3 กรรมวิธีในการทดสอบ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ขี้เลื่อย 40 กิโลกรัม ปูนขาว 200 กรัม ดีเกลือ 80 กรัม ภูไมท์ 200 กรัม ยิปซัม 200 กรัม กากน้ำตาล 200 กรัม รำละเอียด 2 กิโลกรัม ความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 2 ขี้เลื่อย 40 กิโลกรัม ปูนขาว 400 กรัม ดีเกลือ 120 กรัม ภูไมท์ 400 กรัม ยิปซัม 400 กรัม แป้งข้าวเจ้า 400 กรัม รำละเอียด 2.8 กิโลกรัม ความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีที่ 3 ขี้เลื่อย 40 กิโลกรัม ปูนขาว 800 กรัม ดีเกลือ 160 กรัม ภูไมท์ 800 กรัม ยิปซัม 800 กรัม กระถินป่น 400 กรัม ส่าเหล้า 200 กรัม รำละเอียด 2.8 กิโลกรัม ความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์

ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันปรับความชื้นของส่วนผสมให้ได้ตามที่กำหนดจากนั้นนำวัสดุเพาะดังกล่าวมาบรรจุในถุงพลาสติกสำหรับทำก้อนเชื้อ ถุงละ 800 กรัม อัดก้อนเชื้อด้วยเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด ใส่คอขวดพลาสติก อุดคอขวดด้วยใยฝ้ายและปิดทับด้วยกระดาษแล้วรัดหนังยาง ความสูงของก้อนเชื้อไม่รวมคอขวดประมาณ 16 เซ็นติเมตร นำก้อนเชื้อไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยถังนึ่งก้อนเชื้อ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง เมื่อเย็นแล้วหยอดหัวเชื้อที่ทำจากเมล็ดข้าวฟ่างลงในก้อนเชื้อโดยเปิดก้อนใยฝ้ายที่อุดคอขวดออก ลนปากขวดที่บรรจุหัวเชื้อด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ก่อนหยอดหัวเชื้อลงในคอขวดประมาณ 10-15 เมล็ดต่อก้อน ปิดคอขวดของก้อนเชื้อไว้ดังเดิม นำก้อนเชื้อที่ใส่หัวเชื้อแล้วไปบ่มในโรงเรือนสำหรับเพาะเห็ด

และวัดระยะการเจริญของเส้นใยทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ (เทียบเคียงจากงานทดลองของสุวลักษณ์[9]) หรือจนกระทั่งเส้นใยเจริญเต็มก้อนทุกด้านจะหยุดวัดก่อนระยะเวลาที่กำหนด การเก็บข้อมูลใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบมีจำนวนสำรอง (oversampling) โดยกำหนดให้มีการสุ่มเก็บข้อมูลจากก้อนเชื้อจำนวน 5 ก้อนต่อกรรมวิธี เพื่อป้องกันข้อมูลที่อาจขาดหาย (missing data) จากการปนเปื้อนของก้อนเชื้อ โดยวัดการเจริญของเส้นใย 3 ด้านของก้อนเชื้อและจดบันทึกข้อมูลอุณหภูมิในโรงเรือนทุกวัน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

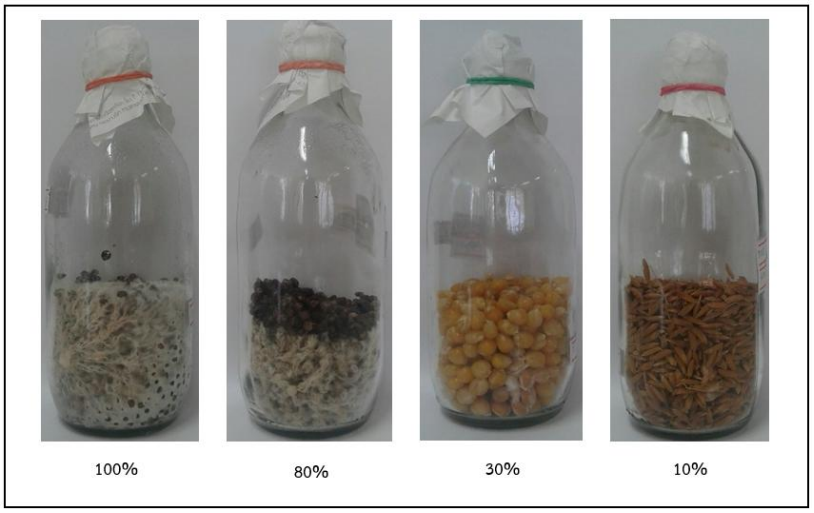
1. การทำหัวเชื้อจากเมล็ดธัญพืช

ผลการเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ในการผลิตหัวเชื้อเห็ดเยื่อไผ่ 4 ชนิด มีการเจริญแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยพบว่าเชื้อเห็ดเยื่อไผ่เจริญได้ดีที่สุดในเมล็ดข้าวฟ่างโดยเจริญได้ 92.90 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เมล็ดข้าวโพดเจริญได้ 3.30 เปอร์เซ็นต์ และ ข้าวเปลือกเจริญได้ 1.00 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ระยะเวลาในการบ่ม 40 วัน (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ (*D. indusiate* Fisch) บนเมล็ดธัญพืช 4 ชนิด ในเวลา 40 วัน

ชนิดของเมล็ดธัญพืช	การเจริญของเส้นใย (%)[1/]
ข้าวฟ่าง	92.90[A]
ข้าวโพด	3.30[B]
ข้าวเปลือก	1.00[B]
ถั่วเขียว	0.00[B]
C.V. (%)	12.21

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.01$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD



ภาพที่ 1 พื้นที่การเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ (*D. indusiate* Fisch) บนเมล็ดธัญพืชที่บรรจุในขวดแก้ว

ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของสุวลักษณ์[9] ที่ทำการทดสอบการเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่บนวัสดุเพาะ 5 ชนิด ได้แก่ ขี้เลื่อย ฟางข้าว เมล็ดข้าวฟ่าง ปุ๋ยฟางหมัก และซังข้าวโพด ผลการศึกษาพบว่าเส้นใยเห็ดเจริญเติบโตได้ดีที่สุดบนเมล็ดข้าวฟ่าง โดยมีอัตราการเจริญเติบโต 0.75 มิลลิเมตรต่อวัน เมล็ดข้าวฟ่างเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมในการเพาะเชื้อเห็ด เนื่องจากหาได้ง่าย ราคาไม่แพง และมีสารอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญของเส้นใยเห็ด จึงเป็นที่นิยมในการผลิตหัวเชื้อเห็ดมากกว่าเมล็ดธัญพืชชนิดอื่น ๆ ที่อาจมีข้อจำกัดด้านขนาดเมล็ดที่ไม่เหมาะสม อีกทั้งการเตรียมเมล็ดข้าวฟ่างยังทำได้โดยสะดวก

การทดลองครั้งนี้พบว่าเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ไม่เจริญบนเมล็ดถั่วเขียว สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากการมีน้ำมันเคลือบผิวเมล็ดหลังจากกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ ส่วนในกรณีของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวโพด การไม่เจริญของเส้นใยอาจเกิดจากความชื้นที่ไม่เพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระยะเวลาการบ่มนานขึ้น ทำให้ความชื้นระเหยออกไป ในการใช้วัสดุดังกล่าวควรเพิ่มระยะเวลาการแช่น้ำให้มากกว่า 1 ชั่วโมงเพื่อให้เมล็ดดูดซับความชื้นได้อย่างเพียงพอ ในขณะที่เมล็ดข้าวฟ่าง ซึ่งมีขนาดเล็กและเปลือกบาง สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าและเมื่อนึ่งฆ่าเชื้อแล้วยังคงมีความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ได้ดีกว่า

2. การทำก้อนเชื้อขยาย

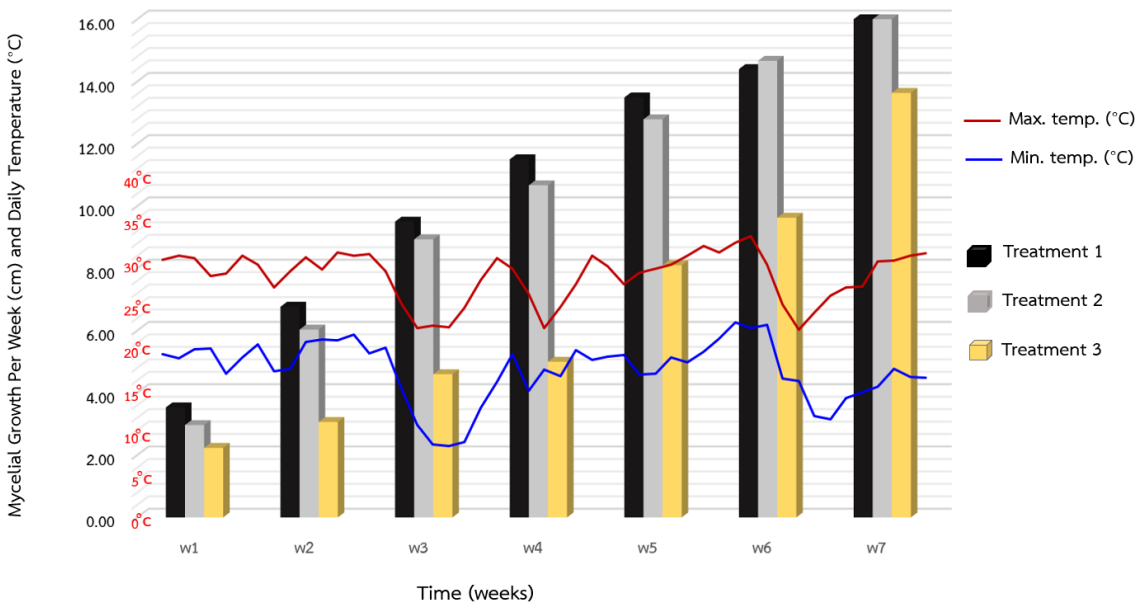
ผลการศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่บนก้อนเชื้อขี้เลื่อย 3 กรรมวิธี พบว่าเชื้อเห็ดเยื่อไผ่เจริญได้ดีที่สุดในกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 โดยเชื้อเห็ดเจริญเต็มถุง 16 เซนติเมตร ในระยะเวลา 7 สัปดาห์ (49 วัน) รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 พบว่าเชื้อเห็ดเยื่อไผ่สามารถเจริญได้ 13.63 เซนติเมตร ซึ่งยังไม่เต็มก้อนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ (*D. indusiate* Fisch) บนก้อนเชื้อขี้เลื่อย 3 กรรมวิธี ในระยะเวลา 7 สัปดาห์

กรรมวิธีทดลอง	ระยะการเจริญของเส้นใย (ซม.)
กรรมวิธีที่ 1	16.00[A]
กรรมวิธีที่ 2	16.00[A]
กรรมวิธีที่ 3	13.63[B]
C.V. (%)	1.44

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.01$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

ซึ่งในระหว่างการทดลองในครั้งนี้ได้ทดลองในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย โดยในช่วงสัปดาห์แรกของการบ่มก้อนเชื้อมีอุณหภูมิในโรงเรือนต่ำสุดของวันอยู่ที่ 19 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่เส้นใยมีอัตราการเจริญสูงสุด โดยในสัปดาห์แรกเฉลี่ยทุกกรรมวิธีมีอัตราการเจริญของเส้นใยเฉลี่ย 2.91 เซนติเมตร หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงโดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งอุณหภูมิต่ำสุดถึง 9 องศาเซลเซียส ทำให้เส้นใยเห็ดเจริญได้ช้าลง โดยเฉพาะในกรรมวิธีที่ 3 และในช่วงสัปดาห์ที่ 6-7 เป็นช่วงอุณหภูมิลดต่ำลงอีกครั้งซึ่งลดลงเหลือ 11.3 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2) ทำให้เส้นใยเชื้อเห็ดชะลอการเจริญเติบโต แต่ในช่วงปลายสัปดาห์ที่ 7 ที่อุณหภูมิสูงขึ้น การเจริญของเส้นใยก็มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ในระยะเวลา 7 สัปดาห์ และเส้นแสดงอุณหภูมิในโรงเรือนต่ำสุดและสูงสุดรายวัน

เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ในก้อนเชื้อทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยการเจริญของเส้นใยสูงใกล้เคียงกัน คือ 2.29 และ 2.28 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ โดยเส้นใยมีการเจริญเติบโตดีในช่วงสัปดาห์ที่ 1-2 แต่มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิลดต่ำลงในช่วงเวลานั้น อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การเจริญของเส้นใยช้าลง ส่วนกรรมวิธีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 1.91 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ และมีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงต้น แต่มีการฟื้นตัวของการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 5 และ 7 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 อัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ (*D. indusiate* Fisch) ในก้อนเชื้อขยาย 3 กรรมวิธี

กรรมวิธีทดลอง	อัตราการเจริญของเส้นใย (ซม./สัปดาห์)							
	สัปดาห์ที่							เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	
กรรมวิธีที่ 1	3.53	3.23	2.73	2.00	2.00	0.91	1.60	2.29
กรรมวิธีที่ 2	2.96	3.06	2.90	1.73	2.12	1.88	1.33	2.28
กรรมวิธีที่ 3	2.23	0.83	1.30	0.40	3.10	1.52	4.00	1.91
เฉลี่ย	2.91	2.37	2.31	1.38	2.41	1.43	2.31	

ในการทดลองครั้งนี้กรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ กรรมวิธี 1 และ กรรมวิธี 2 ซึ่งประกอบด้วยกากน้ำตาลและแป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนประกอบซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่ย่อยง่าย มีผลให้ช่วยเร่งการสังเคราะห์เอนไซม์เซลลูโลไลติกที่ใช้ในการ

ย่อยขี้เลื่อยเพื่อเป็นอาหารของเชื้อเห็ด และสามารถลดระยะการเดินของเส้นใยเชื้อเห็ดได้ 3-5 วัน[11] ส่งผลให้ทำให้เส้นใยเดินเต็มถุงได้เร็วกว่ากรรมวิธีที่ 3 ซึ่งเสริมกระถินป่นและส่าเหล้าเป็นแหล่งโปรตีน แต่ส่าเหล้าที่ได้จากตะกอนยีสต์หมักมักมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อ *Bacillus* spp. และแบคทีเรียกรดแลกติกสูง[12] จึงเพิ่มความเสี่ยงการปนเปื้อนแบคทีเรียในก้อนเชื้อและอาจส่งผลให้เส้นใยเห็ดเจริญช้ากว่ากรรมวิธีอื่น

ในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้กำหนดความแน่นของก้อนเชื้อเป็นปัจจัยในการทดลองแต่ได้พยายามควบคุมความแน่นของก้อนเชื้อโดยใช้เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดให้มีความแน่นเท่ากับก้อนเชื้อเห็ดเก็บดอกทั่วไป แต่ก็พบข้อสังเกตว่าก้อนเชื้อที่หลวมกว่าเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่เจริญได้เร็วกว่าอาจเกิดจากการที่วัสดุมีความพรุนและปริมาตรอากาศภายในมากกว่า[13] ส่งผลให้ออกซิเจนแพร่กระจายได้ดีและเส้นใยเติบโตเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับก้อนเชื้อที่อัดแน่น ดังการศึกษาของ Zubairi et al.[14] พบว่าก้อนเชื้อเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ซึ่งมีความหนาแน่นเพียงประมาณ 0.75–0.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรใช้เวลาให้เส้นใยเจริญเต็มก้อน 73–74 วัน ขณะที่ก้อนเชื้อที่อัดแน่นกว่าที่ 0.87 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรต้องใช้เวลา 80 วัน ในทำนองเดียวกัน Josephat et al.[15] พบว่าการใช้ซังข้าวโพดซึ่งมีเนื้อพรุนและน้ำหนักรวมต่ำกว่ามาทำเป็นวัสดุเพาะ สามารถทำให้เส้นใยเห็ดนางรมเดินเต็มถุงได้ใน 19.90 ± 0.28 วัน ขณะที่ขี้เลื่อยไม้มะฮอกกานีที่มีความหนาแน่นสูงกว่าต้องใช้เวลา 25.20 ± 0.29 วันจึงจะเต็มถุง อย่างไรก็ตามผลการทดลองครั้งนี้โดยรวมการเจริญของเส้นใยยังอยู่ในช่วงเวลาใกล้เคียงกับรายงานของสุวลักษณ์[9] ซึ่งใช้สูตรขี้เลื่อย + รำละเอียด + ดีเกลือ + ปูนขาว บรรจุถุง 500 กรัม และเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่เดินเต็มถุงภายใน 41.6 วัน แสดงให้เห็นว่าการใช้ขี้เลื่อยร่วมกับรำละเอียดในสัดส่วนเหมาะสม พร้อมแหล่งคาร์บอนย่อยง่าย ก้อนเชื้อที่มีความโปร่งของวัสดุพอเหมาะ และอุณหภูมิ เป็นปัจจัยหลักในการลดระยะเวลาการบ่มและจำกัดการปนเปื้อนของก้อนเชื้อขยายเห็ดเยื่อไผ่

สรุปผล

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวัสดุเพาะในการผลิตหัวเชื้อและก้อนเชื้อขยายของเห็ดเยื่อไผ่ พบว่าข้าวฟ่างเป็นธัญพืชที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตหัวเชื้อ โดยสามารถส่งเสริมการเจริญของเส้นใยได้สูงถึง 92.90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากวัสดุอื่น เช่น ข้าวโพด ข้าวเปลือก และถั่วเขียวที่มีเปอร์เซ็นต์การเจริญของเส้นใยต่ำกว่าอย่างมากหรือไม่เจริญเลยในกรณีของถั่วเขียว ในส่วนของการผลิตก้อนเชื้อจากขี้เลื่อย 3 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 1 และ 2 ส่งเสริมการเจริญของเส้นใยได้ดีที่สุด โดยเส้นใยสามารถเจริญเต็มก้อนขนาด 16 เซนติเมตรภายในระยะเวลา 7 สัปดาห์ ขณะที่กรรมวิธีที่ 3 ส่งเสริมการเจริญได้เพียง 13.63 เซนติเมตร นอกจากนี้ ยังพบว่าอุณหภูมิภายนอกมีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งอุณหภูมิลดต่ำลงถึง 9 องศาเซลเซียส ส่งผลให้การเจริญของเส้นใยชะลอตัวในทุกกรรมวิธี โดยเฉพาะในกรรมวิธีที่ 3 อย่างไรก็ตาม เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงปลายสัปดาห์ที่ 7 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตกลับมาสูงขึ้นอีกครั้ง โดยเฉพาะในกรรมวิธีที่ 3 ซึ่งมีการฟื้นตัวของเส้นใยชัดเจน ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ข้าวฟ่างเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตหัวเชื้อ และก้อนเชื้อขี้เลื่อยกรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญของเส้นใยเห็ดเยื่อไผ่ได้ดีกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการและสถานที่สำหรับการทดลองจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

1 Yang, N., D. Wang, X. Li, H. Li, S. Luo, K. Zhang and P. Luo. 2024. The fungi of *Dictyophora* genus and its by-products: Recent progress towards the development of novel food formulations. Food Bioscience 60: 104126.

2 Chen, M.M. 2000. Cultivation techniques for *Dictyophora*, *Polyporus umbellata* and *Coprinus comatus*. In: Van Griensven, L.J.L.D. (ed.). Science and Cultivation of Edible Fungi. Balkema, Rotterdam. pp. 543–549.

3 Deng, C., H.T. Fu, L.P. Teng, Z. Hu, X.F. Xu, J.H. Chen and T. Ren. 2013. Anti-tumor activity of the regenerated triple-helical polysaccharide from *Dictyophora indusiata*. International Journal of Biological Macromolecules 61: 453–458.

4 Kanwal, S., S. Aliya and Y. Xin. 2020. Anti-obesity effect of *Dictyophora indusiata* mushroom polysaccharide (DIP) in high-fat-diet-induced obesity via regulating inflammatory cascades and intestinal microbiome. Frontiers in Endocrinology 11: 558874.

5 Lin, C.Q., H. Zhang, L.J. Chen, Y. Fang and J.C. Chen. 2021. Immunoregulatory function of *Dictyophora echinovolvata* spore polysaccharides in immunocompromised mice induced by cyclophosphamide. Open Life Sciences 16(1): 620–629.

6 Nazir, Y., P. Linsaenkart, C. Khantham, T. Chaitep, P. Jantrawut, C. Chittasupho, P. Rachtanapun, K. Jantanasakulwong, Y. Phimolsiripol, S.R. Sommano, J. Tocharus, S. Mingmalairak, A. Wongsa, C. Arjin, K. Sringarm, H. Berrada, F.J. Barba and W. Ruksiriwanich. 2021. High-efficiency *in vitro* wound healing of *Dictyophora indusiata* extracts via anti-inflammatory and collagen-stimulating (MMP-2 inhibition) mechanisms. Journal of Fungi 7(12): 1100.

7 Kawagishi, H., D. Ishiyama, H. Mori, H. Sakamoto, Y. Ishiguro, S. Furukawa and J. Li. 1997. Dictyophorines A and B, two stimulators of NGF-synthesis from the mushroom *Dictyophora indusiata*. Phytochemistry 45(6): 1203–1205.

8 Wang, L., Z.Z. Zhang, Z. Zeng, Y. Lin, B. Xiong, B. Zheng, Y. Zhang and L. Pan. 2024. Structural characterization of polysaccharide from an edible fungus *Dictyophora indusiata* and the remodel function of gut microbiota in inflammatory mice. Carbohydrate Polymers 351: 123141.

9 สุวลักษณ์ ชัยชูโชติ. 2558. โครงการวิจัยที่ 1: วิจัยและพัฒนาเห็ดเศรษฐกิจสายพันธุ์ใหม่. 12-221. ใน: รายงานชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเห็ด 2558 กรมวิชาการเกษตร.

10 สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. 2565. แหล่งข้อมูล: https://www.opsmoac.go.th/suratthani-article_prov-preview-441191791809 สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2567

11 Royse, D.J. and C.C. Bahler. 1986. Effects of genotype, spawn run time, and substrate formulation on biological efficiency of shiitake. Applied and Environmental Microbiology 52(6): 1425–1427.

12 อภิชญา วัฒนกุลขจร. 2560. ลักษณะจุลชีพในกากเหล้าจากการผลิตเหล้าข้าวและผลต่อความปลอดภัยของอาหารสัตว์. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตรไทย. 50(3): 45–52.

13 Muswati, C., K. Simango, L. Tapfumaneyi, M. Mutetwa and W. Ngezimana. 2021. The effects of different substrate combinations on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). International Journal of Agronomy 2021: 1–10.

14 Zubairi, S.I., N.A.S.M. Zabidi, Z.Z. Azman, S.N.D.M. Kamaruddin, Z.M. Kasim, A.M. Lazim, Z. Nurzahim and M.S.M. Jamil. 2022. *Pleurotus ostreatus* cultivation: physico-chemical characteristics of a robust pre-blocks oyster mushroom substrate with absorptive starch binders. Sains Malaysiana 51(2): 329–343.

15 Josephat, O., C. Onyeke and N. Chiejina. 2020. Evaluation of some organic substrates for the growth and yield of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm in southeast Nigeria. Deleted Journal 18(1): 1085–1093.

บทความวิจัย (Research Article)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกภาพถ่ายเนื้องอกในสมองด้วยแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่มร่วมกับการสกัดคุณลักษณะเวฟเลตส์ทรานสฟอร์ม

Comparative Evaluation of Ensemble Models for Brain Tumor Image Classification Using Wavelet Transform-Based Features

ชัชวาลย์ ศรีมนตรี[1] เสาวลักษณ์ ไทยกลาง[1*] และ ชัยวิชิต แก้วกลม[1]
Chatchawarn Srimontree[1], Saowaluk Thaiklang[1*] and Chaivichit Kaewklom[1]
[1] สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
[1] Department of Computer Science, Faculty of Computer Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University
*Corresponding author email: saowaluk.t@ubru.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
27 กันยายน 2568	6 พฤศจิกายน 2568	6 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกภาพถ่ายสมองที่มีภาวะเนื้องอกด้วยภาพถ่ายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือภาพเอ็มอาร์ไอ โดยกระบวนการเริ่มจากการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นผิวและความถี่หลายระดับด้วยวิธีเวฟเลตส์ทรานสฟอร์มแบบไม่ต่อเนื่องประเภท Daubechies 4 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลประมาณค่าของภาพ (LL) จำนวน 1 ซับแบนด์, ข้อมูลขอบแนวนอน (LH) จำนวน 3 ซับแบนด์, ข้อมูลขอบแนวตั้ง (HL) จำนวน 3 ซับแบนด์, ข้อมูลขอบแนวทแยง (HH) จำนวน 3 ซับแบนด์รวมทั้งสิ้น 10 ซับแบนด์ โดยแต่ละซับแบนด์ประกอบด้วยค่าสถิติเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พลังงาน เอนโทรปี ความเบ้ และความสูงชันของพื้นผิว ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวสามารถแสดงรายละเอียดเชิงโครงสร้างของเนื้อเยื่อสมองได้อย่างชัดเจน จำนวนทั้งสิ้น 60 คุณลักษณะ จากนั้นดำเนินการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีความสำคัญด้วยวิธีแรนดอมฟอเรสต์โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกเฉพาะคุณลักษณะที่มีค่าความสำคัญมากกว่า 0.01 เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดมิติของข้อมูลทำให้ได้คุณลักษณะของเวฟเลตส์ทั้งสิ้น 39 คุณลักษณะจากคุณลักษณะทั้งหมด ซึ่งสามารถลดคุณลักษณะที่ไม่จำเป็นลงถึงร้อยละ 35 ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องได้ประยุกต์วิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่มได้แก่ แบบจำลองอาดาบูสต์ (Adaboost หรือ Adaptive Boosting) แบบจำลองเอ็กตรีมกราเดียนบูสต์ (Extreme Gradient Boost หรือ XGBoost) แบบจำลองแรนดอมฟอร์เรสต์ (Random Forest) และแบบจำลองแบกกิ้ง (Bagging หรือ Bootstrap Aggregation) เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองอาดาบูสต์มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยมีค่าความแม่นยำร้อยละ 93.67 ความไวร้อยละ 94.78 ความจำเพาะร้อยละ 93.00 และประสิทธิภาพโดยรวมร้อยละ 93.81 สะท้อนให้เห็นว่าแนวทางการสกัดเวฟเลตส์ทรานสฟอร์มและคัดเลือกคุณลักษณะร่วมกับวิธีการเรียนรู้แบบอาดาบูสต์ มีศักยภาพสูงในการช่วยสนับสนุนการวินิจฉัยทางการแพทย์จากภาพถ่ายสมองได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ สามารถเพิ่มทางเลือกในการวินิจฉัยโรคเนื้องอกในสมอง

คำสำคัญ: การจำแนกภาพถ่ายทางการแพทย์, เนื้องอกในสมอง, เวฟเลตส์ทรานสฟอร์ม, การเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่ม, การคัดเลือกคุณลักษณะ

Abstract

This study aims to develop and evaluate the performance of machine learning models for classifying magnetic resonance (MRI) brain images with tumor conditions. The process began with the extraction of multi-level texture and frequency features using the Discrete Wavelet Transform (DWT) with Daubechies 4 as the mother wavelet. The decomposition produced a total of ten subbands, including one approximation subband (LL), three horizontal detail subbands (LH), three vertical detail subbands (HL), and three diagonal detail subbands (HH). Each subband was characterized by six statistical parameters: mean, standard deviation, energy, entropy, skewness, and kurtosis, which effectively represented the structural characteristics of brain tissues. In total, 60 features were obtained. Feature selection was then performed using the Random Forest algorithm based on feature importance scores, where only features with importance values greater than 0.01 were retained to enhance accuracy and reduce data dimensionality. This process resulted in 39 selected wavelet features from the all original ones, corresponding to a 35% reduction in unnecessary attributes. For model construction, four ensemble learning techniques were implemented, Adaptive Boosting (AdaBoost), Extreme Gradient Boosting (XGBoost), Random Forest, and Bootstrap Aggregating (Bagging), to compare classification performance. Experimental results revealed that the AdaBoost model achieved the best performance, with an accuracy of 93.67%, sensitivity of 94.78%, specificity of 93.00%, and overall performance of 93.81%. These findings reflect that the integration of wavelet transform-based feature extraction and feature selection with ensemble learning methods, particularly AdaBoost, can effectively and accurately support medical diagnosis from brain MRI images, providing an additional approach for brain tumor detection.

Keywords: Medical Image Classification, Brain Tumor, Wavelet Transform, Ensemble Learning, Feature Selection

บทนำ

เนื้องอกในสมอง คือ การเจริญเติบโตของเซลล์ที่ผิดปกติภายในสมอง ซึ่งอาจมีแหล่งกำเนิดจากเซลล์ประสาทภายในสมอง เยื่อหุ้มสมอง ต่อมใต้สมอง หรือโพรงสมอง เซลล์ภายในระบบประสาทส่วนกลาง หรือเกิดจากการกระจายของเซลล์มะเร็งจากอวัยวะอื่น เช่น ปอดหรือเต้านม เนื้องอกในสมองส่งผลกระทบต่อการทำงานของสมองในตำแหน่งที่เกิดพยาธิสภาพของโรค ซึ่งอาจนำไปสู่ความผิดปกติทางระบบประสาท ความพิการ หรือการเสียชีวิตของผู้ป่วย [1] โรคเนื้องอกในสมองเป็นโรคทางระบบประสาทศัลยศาสตร์ที่พบมากที่สุด 1 ใน 5 อันดับแรก โดยมีอัตราการเกิด 18.16 รายต่อประชากร 100,000 รายต่อปี โดยอาการของโรคส่งผลให้ผู้ป่วยมีอาการชัก มีความบกพร่องในการเคลื่อนไหว การรับรู้ในการสัมผัส การมองเห็น การสื่อสาร และความสามารถควบคุมร่างกายและความคิดลดลง ส่งผลกระทบในการใช้ชีวิตประจำวันของผู้ป่วยโดยตรงและต้องพึ่งพาของบุคคลรอบข้าง โดยการรักษาโรคอยู่ในรูปแบบของการฉายรังสี การใช้เคมีบำบัด หรือแม้กระทั่งการผ่าตัด ทั้งนี้หลังกระบวนการรักษาผู้ป่วยร้อยละ 18.5 มีอาการที่แย่ลง [2] โดยการคัดกรองผู้ป่วยนิยมใช้การวิเคราะห์ภาพถ่ายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging หรือ MRI) เพื่อหาภาวะของโรคในระยะเริ่มต้นซึ่งทำให้ผู้ป่วยสามารถเข้ารับการรักษาได้ทันท่วงที มีอัตราการรอดชีวิตสูง ลดผลกระทบจากการรักษาได้ดี อย่างไรก็ตามการคัดกรองอาจส่งผลกระทบในด้านลบได้ในเชิงปฏิบัติเช่น ภาวะแทรกซ้อนจากกระบวนการตรวจ ความสิ้นเปลืองงบประมาณและเวลา

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของผลตรวจบวกลวงซึ่งก่อให้เกิดความวิตกกังวลที่เพิ่มขึ้นในผู้ที่ได้รับผลตรวจ [3] จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าในปัจจุบันการจำแนกภาพเนื้องอกในสมองด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะแนวทางที่ใช้แบบจำลองแบบรวมกลุ่มร่วมกับการแปลงสัญญาณภาพด้วยเวฟเลตส์ทรานสฟอร์ม อย่างไรก็ตามแม้วิธีการดังกล่าวจะให้ความแม่นยำสูงแต่มีข้อจำกัดสำคัญในด้านการใช้ทรัพยากรการคำนวณและประมวลผลที่สูงโดยเฉพาะแบบจำลองแบบรวมกลุ่มที่มีการใช้แบบจำลองพื้นฐานที่ซับซ้อนในการเรียนรู้ข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น แบบจำลองอาดาบูสต์ที่ใช้แบบจำลองแรนดอมฟอเรสต์หรือแบบจำลองซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชีนในการเรียนรู้ข้อมูล ส่งผลต่อความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมทางคลินิกที่มีข้อจำกัด เช่นทรัพยากรด้านบุคลากรและด้านเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นต้น จากข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาแนวทางการจำแนกภาพเนื้องอกในสมองที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำในระดับที่เชื่อถือได้แต่มีความซับซ้อนและใช้ทรัพยากรในการคำนวณและประมวลผลที่น้อยเพื่อให้สามารถประมวลผลได้รวดเร็วและเหมาะสมกับการใช้งานในสถานพยาบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีทรัพยากรจำกัด โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกภาพเนื้องอกในสมองที่มีสถาปัตยกรรมแบบเรียบง่ายโดยเน้นการสร้างสมดุลระหว่างความแม่นยำในการจำแนก ความเร็วในการประมวลผล และการใช้ทรัพยากรการคำนวณที่เหมาะสม เพื่อเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้จริงในบริบททางคลินิก [4, 5, 6, 7, 8] โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองแบบรวมกลุ่มในการจำแนกภาพเนื้องอกในสมองโดยอาศัยข้อมูลจากการสกัดคุณลักษณะเวฟเลตส์ทรานส์ฟอร์มซึ่งเป็นที่ยอมรับและนิยมประยุกต์ใช้ในงานวิจัย ทั้งนี้ในบริบททางการแพทย์เวฟเลตทรานสฟอร์มสามารถสกัดคุณลักษณะที่สะท้อนลักษณะทางพื้นผิวและขอบของรอยโรค ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวินิจฉัยในหลายระดับความละเอียด มีความทนทานต่อสัญญานรบกวน สามารถแยกสัญญาณออกเป็นส่วนประกอบตามความถี่ต่าง ๆ ซึ่งความหลากหลายนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเรียนรู้แบบรวมกลุ่มทำงานได้ดี เนื่องจากสามารถสร้างเงื่อนไขการแบ่งแยกข้อมูลได้มีอย่างประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแบบจำลองซึ่งใช้ต้นไม้ตัดสินใจเป็นแบบจำลองพื้นฐานในการเรียนรู้ข้อมูล โดยข้อมูลคุณลักษณะเวฟเลตส์ทรานส์ฟอร์มดังกล่าวจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ของเครื่องประเภทรวมกลุ่ม ซึ่งมีการปรับปรุงกระบวนการในขั้นตอนการเรียนรู้ของแบบจำลองทำให้แบบจำลองมีความเอนเอียงและความแปรปรวนของผลลัพธ์น้อยและมีความแม่นยำในการจำแนกสูงจำนวน 4 แบบจำลอง ได้แก่ อาดาบูสต์ เอ็กตรีมกราเดียนบูสต์ แรนดอมฟอร์เรสต์ และแบกกิ้ง พร้อมกับวัดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกภาพถ่ายโดยอาศัยค่ามาตรฐานตามระเบียบวิธีวิจัยซึ่งประกอบไปด้วย ตารางเมตริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความไว (Sensitivity) ค่าความจำเพาะ (Specificity) และประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ (F-measure) ทั้งนี้เพื่อหาแบบจำลองที่ดีที่สุดในการจำแนกภาพถ่ายที่มีภาวะโรคเนื้องอกและเพื่อสนับสนุนการวินิจฉัยและรักษาโรคเนื้องอกในสมองภายใต้บริบททางคลินิกต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองในการคัดกรองผู้ป่วยเนื้องอกในสมองด้วยภาพถ่ายทางการแพทย์โดยใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่ม

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองในการคัดกรองผู้ป่วยเนื้องอกในสมองด้วยภาพถ่ายทางการแพทย์โดยใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่ม

วิธีดำเนินการวิจัย

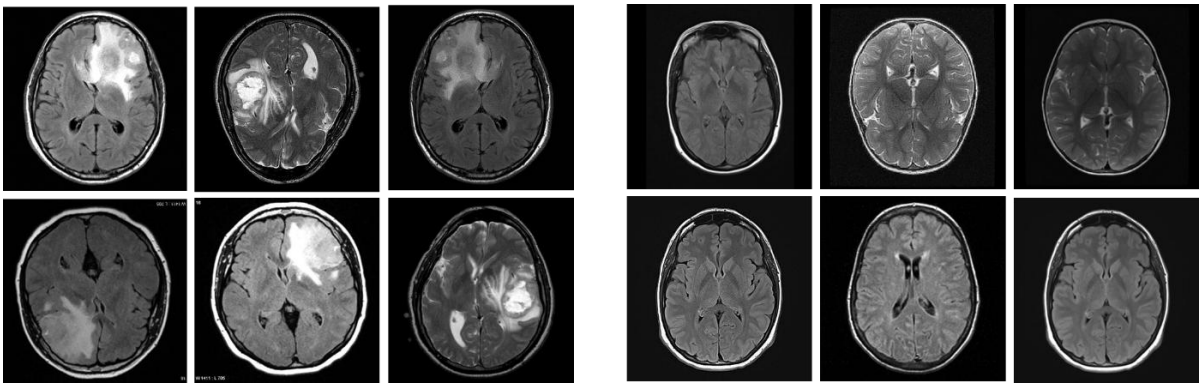
การพัฒนาแบบจำลองดำเนินการตามกระบวนการ CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการย่อย 6 ขั้นตอน [9] โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การทำความเข้าใจปัญหา

โรคเนื้องอกในสมองเป็นโรคที่สามารถเกิดขึ้นได้ในทุกเพศทุกวัยและส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของผู้ป่วยและบุคคลรอบข้าง มีการรักษาโรคที่ซับซ้อน และมีผลกระทบจากการรักษาในอัตราที่สูง ก่อให้เกิดความพิการหรือเสียชีวิต ทั้งนี้การมีแนวทางปฏิบัติ เครื่องมือ หรือระบบสารสนเทศสำหรับสนับสนุนการคัดกรองภาวะของโรคสามารถลดความเสี่ยงข้างต้น โดยงานวิจัยนี้มุ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองเพื่อหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเพื่อสนับสนุนการคัดกรองภาพถ่ายทางการแพทย์และวินิจฉัยโรคโรคเนื้องอกในสมอง

การทำความเข้าใจข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้ภาพถ่ายสมองในแนวตัดขวางในรูปแบบภาพถ่ายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งรวบรวมโดย Ahmed Hamada ซึ่งเผยแพร่บนเว็บไซต์ www.kaggle.com จำนวน 314 ภาพ แบ่งเป็นข้อมูลภาพถ่ายสมองซึ่งมีภาวะเนื้องอกในสมอง 157 ภาพ และภาพสมองปกติจำนวน 157 ภาพ โดยภาพถ่ายแต่ละภาพมีขนาดรูปภาพ 512 x 512 พิกเซลและมีความละเอียดภาพ 96 ดีพีไอ [10]



ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายสมองโดยภาพซ้ายคือภาพที่มีภาวะโรคเนื้องอกในสมองและภาพขวาคือภาพสมองปกติ
แหล่งที่มา:https://www.kaggle.com/datasets/ahmedhamada0/brain-tumor-detection
สืบค้นเมื่อวันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2568

การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายก่อนสกัดคุณลักษณะมีความสำคัญเนื่องจากช่วยลดสัญญาณรบกวนและปรับมาตรฐานข้อมูลให้สม่ำเสมอ ทำให้ได้ค่าคุณลักษณะที่มีคุณภาพและสะท้อนลักษณะที่แท้จริงของภาพ ส่งผลให้การจำแนกมีความแม่นยำสูงขึ้น กระบวนการเตรียมข้อมูลของงานวิจัยมีการดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. การเพิ่มขอบภาพสีดำ กระบวนการเพิ่มขอบภาพด้วยค่า 0 เพื่อสร้างพื้นที่สีดำบริเวณขอบภาพ (Zero Padding) วิธีการนี้เหมาะสมกับลักษณะของภาพถ่ายทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากสามารถปรับขนาดภาพให้มีขนาดมาตรฐานได้โดยไม่กระทบต่อรายละเอียดสำคัญภายในภาพ ช่วยคงสภาพข้อมูลภาพเดิมได้อย่างครบถ้วน [11] ทั้งนี้หลังจากผ่านกระบวนการเพิ่มขอบภาพสีดำแล้วภาพถ่ายทั้งหมดจะถูกปรับให้มีขนาดกว้าง 512 พิกเซล และยาว 512 พิกเซล ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสม

และเป็นมาตรฐานที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางการแพทย์ โดยเฉพาะภาพ เอ็มอาร์ไอหรือภาพซีที เนื่องจากมีความละเอียดเพียงพอในการแสดงโครงสร้างและรายละเอียดเชิงพื้นที่ได้อย่างครบถ้วน

2. แปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบสเกลสีเทา ภาพต้นฉบับที่ผ่านกระบวนการเพิ่มขอบภาพสีดำทั้งหมดจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบภาพแบบสเกลสีเทา (Grayscale) เพื่อเพิ่มความชัดเจนในการแสดงโครงสร้างภายในเนื้อสมองโดยเฉพาะบริเวณที่มีรอยโรคหรือเนื้องอกซึ่งจะปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้หลังจากการแปลงภาพเป็นภาพในสเกลสีเทาแล้วจะทำให้ได้ภาพที่มีความแตกต่างเชิงความเข้มสีที่เหมาะสมต่อการแยกซับแบนด์ด้วยเทคนิคเวฟเลตส์ทรานสฟอร์ม ซึ่งการประมวลผลภาพในลักษณะดังกล่าวจะช่วยสนับสนุนให้การสกัดคุณลักษณะในย่านความถี่ต่าง ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้น

3. การปรับสมดุลฮิสโตรแกรมแบบจำกัดคอนทราสต์ ภาพถ่ายที่ผ่านการแปลงให้อยู่ในรูปเกรย์สเกลจะได้รับการปรับปรุงคุณภาพเพิ่มเติมด้วยเทคนิคการปรับสมดุลฮิสโตรแกรมแบบจำกัดคอนทราสต์ (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization: CLAHE) หลังจากประมวลผลด้วยกระบวนการนี้ภาพจะมีคอนทราสต์ที่ดีขึ้นในแต่ละบริเวณ การกระจายความเข้มแสงมีความสมดุล รายละเอียดในบริเวณสว่างและมืดมีความชัดเจนขึ้นโดยไม่สูญเสียข้อมูล เหมาะสำหรับงานวิเคราะห์ภาพที่ต้องการความคมชัดสูง สามารถเพิ่มความคมชัดของโครงสร้างภายในภาพ เทคนิคนี้จะช่วยกระจายค่าความเข้มของพิกเซลให้มีการกระจายตัวที่เหมาะสม ลดปัญหาการเกิดบริเวณที่มีคอนทราสต์สูงเกินไปหรือไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นประโยชน์โดยตรงต่อกระบวนการสกัดข้อมูลคุณลักษณะด้วยวิธีเวฟเลตส์ทรานส์ฟอร์ม เนื่องจากคุณภาพของภาพที่มีรายละเอียดชัดเจนจะช่วยให้การแยกซับแบนด์และการสกัดสัญญาณเชิงพื้นผิวในย่านความถี่ต่าง ๆ มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ปัจจัยนี้จึงมีส่วนสนับสนุนให้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องสามารถจำแนกข้อมูลได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น [12]

4. การสกัดคุณลักษณะเวฟเลตส์ทรานส์ฟอร์ม งานวิจัยนี้ใช้ภาษาไพธอนและไลบรารีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ไลบรารีโอเพนซีวีสำหรับภาษาไพธอน เวอร์ชั่น 4.11.0.86 [13], ซายคิทอิมเมจ เวอร์ชั่น 0.25.2 [14], ซายไพ เวอร์ชั่น 1.15.3 [15], แพนดาส เวอร์ชั่น 2.2.3 [16] เป็นเครื่องมือในการสกัดคุณลักษณะจากภาพโดยอาศัยเทคนิคการสกัดเวฟเลตส์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Wavelet Transform หรือ DWT) โดยใช้เวฟเล็ตชนิด Daubechies 4 (db4) สกัดคุณลักษณะ ได้แก่ ข้อมูลประมาณค่าของภาพ (LL3) จำนวน 1 ซับแบนด์, ข้อมูลขอบแนวนอน (LH3, LH2, LH1) จำนวน 3 ซับแบนด์, ข้อมูลขอบแนวตั้ง (HL3, HL2, HL1) จำนวน 3 ซับแบนด์,ข้อมูลขอบแนวทแยง (HH3, HH2, HH1) จำนวน 3 ซับแบนด์ ทั้งนี้แต่ละซับแบนด์ประกอบด้วยค่าสถิติเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation), พลังงาน (Energy), เอนโทรปี (Entropy), ความเบ้ (Skewness) และ ความสูงชัน (Kurtosis) ทำให้ได้คุณลักษณะของเวฟเล็ตรวมทั้งสิ้น 60 คุณลักษณะจาก 10 ซับแบนด์ ซึ่งคุณสมบัติของเวฟเลตส์เป็นข้อมูลประเภทหนึ่งที่นิยมใช้ในการจำแนกภาพถ่ายสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mathew และ Anto [17] โดยค่าสถิติแต่ละค่าสามารถประยุกต์ใช้เพื่อบ่งบอกลักษณะทางพยาธิสภาพ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยแสดงความเข้มเฉลี่ยของสัญญาณในภาพเอ็มอาร์ไอหลังการแปลงด้วยเวฟเลตส์ ซึ่งสะท้อนความหนาแน่นของเนื้อเยื่อ เมื่อค่าเฉลี่ยสูงจะบ่งชี้ว่าเนื้อเยื่อที่มีความหนาแน่นสูง มักพบในเนื้องอกซึ่งมีเซลล์หนาแน่นทำให้มีแนวโน้มเป็นเนื้องอก ในขณะที่ค่าเฉลี่ยต่ำจะแสดงเนื้อเยื่อที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น เนื้อเยื่อสมองปกติหรือบริเวณที่เซลล์ตายจึงมีแนวโน้มเป็นเนื้อเยื่อปกติ

4.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวัดความแปรปรวนของข้อมูลในภาพสะท้อนความเป็นเนื้อเดียวกันของเนื้อเยื่อ ค่าสูงจะบ่งบอกเนื้อเยื่อที่มีความหลากหลายยกตัวอย่างเช่นมีทั้งส่วนแข็งและนิ่มปะปนกันซึ่งมีแนวโน้มเป็นเนื้องอกเนื่องจากเนื้องอกมักมีโครงสร้างที่ไม่สม่ำเสมอ ส่วนค่าต่ำจะแสดงเนื้อเยื่อที่มีลักษณะสม่ำเสมอจึงมีแนวโน้มเป็นเนื้อเยื่อปกติที่มีการจัดเรียงเป็นระเบียบ

4.3 พลังงาน ค่าพลังงานวัดการกระจุกตัวของสัญญาณแสดงความชัดเจนของขอบเขตเนื้องอก ค่าสูงจะบ่งบอกขอบเขตที่ชัดเจน มีการแยกตัวจากเนื้อเยื่อโดยรอบอย่างเด่นชัดทำให้มีแนวโน้มเป็นเนื้องอกที่มีรูปร่างที่แน่นอน ในขณะที่ค่าต่ำจะแสดงขอบเขตที่ไม่เด่นชัดหรือเนื้อเยื่อที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับเนื้อเยื่อโดยรอบจึงมีแนวโน้มเป็นเนื้อเยื่อปกติ

4.4 เอนโทรปี ค่าเอนโทรปีบ่งบอกความไม่เป็นระเบียบของโครงสร้างเนื้อเยื่อ ค่าสูงจะบ่งชี้โครงสร้างที่ซับซ้อนและไม่เป็นระเบียบซึ่งมีแนวโน้มเป็นเนื้องอกโดยเฉพาะเนื้องอกที่รุนแรงที่มีการเจริญเติบโตแบบไม่เป็นระเบียบ ส่วนค่าต่ำจะแสดงโครงสร้างที่ปกติและเป็นระเบียบมีแนวโน้มเป็นเนื้อเยื่อปกติซึ่งมีรูปแบบการจัดเรียงที่สม่ำเสมอเป็นธรรมชาติ

4.5 ความเบ้ ค่าความเบ้แสดงความไม่สมมาตรของการกระจายข้อมูล บ่งบอกการมีจุดผิดปกติในเนื้อเยื่อเมื่อความเบ้มากไม่ว่าจะสูงมากเกินไปหรือต่ำมากเกินไปจะบ่งชี้ว่ามีบริเวณที่ผิดปกติ เช่น มีเลือดออกหรือแคลเซียมสะสมซึ่งมีแนวโน้มเป็นเนื้องอกที่มีส่วนประกอบที่หลากหลาย ในขณะที่ค่าใกล้ศูนย์จะแสดงการกระจายที่สมมาตรทำให้มีแนวโน้มเป็นเนื้อเยื่อปกติที่มีการกระจายแบบปกติ

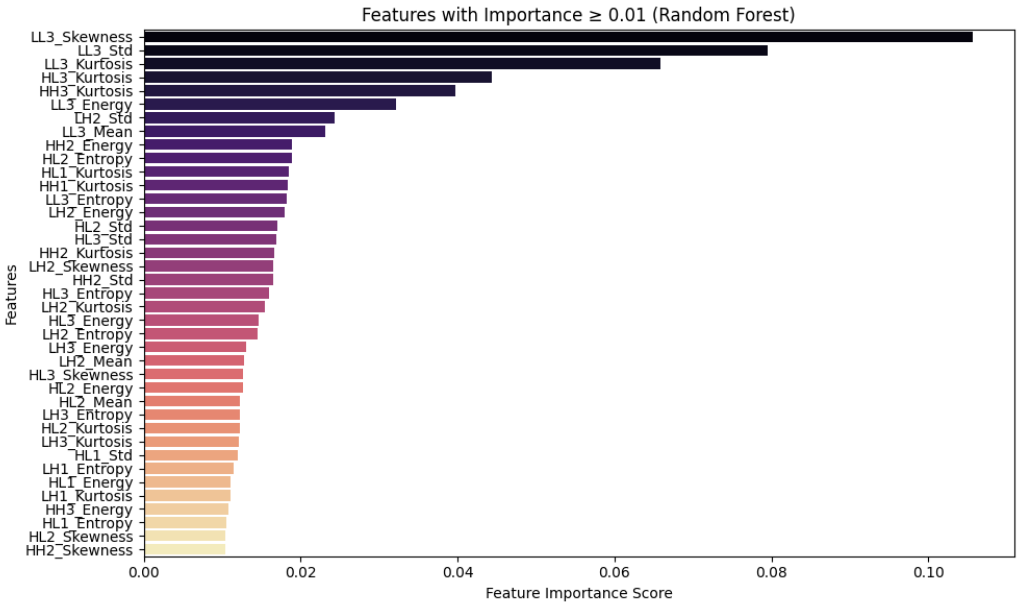
4.6 ความสูงชัน ค่าวัดความสูงของพื้นผิวและแสดงการผิดปกติในเนื้อเยื่อ ค่าสูงเกินไปจะบ่งบอกว่ามีความผิดปกติ เช่น บริเวณที่มีความสูงแตกต่างกันมากจะมีแนวโน้มเป็นเนื้องอกที่มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนค่าต่ำจะแสดงการกระจายที่สม่ำเสมอโดยไม่มีจุดที่ผิดปกติมีแนวโน้มเป็นเนื้อเยื่อปกติที่มีความสูงชันคงที่

การผสมผสานของค่าสถิติดังกล่าวก่อให้เกิดชุดข้อมูลของคุณลักษณะเชิงปริมาณที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวแทนในการบ่งชี้ลักษณะหรือภาวะเฉพาะของเนื้อเยื่อแต่ละประเภทได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานให้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระดับโดยรวมและความแปรปรวนของสัญญาณ ค่าพลังงานและค่าเอนโทรปีสะท้อนความซับซ้อนและความเด่นชัดของโครงสร้าง ในขณะที่ค่าความเบ้และค่าความสูงชันช่วยตรวจจับลักษณะเชิงลึกของการแจกแจงที่ไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยการประเมินเชิงสายตาเพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์เชิงปริมาณเหล่านี้จึงมีส่วนสำคัญในการเพิ่มศักยภาพของระบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการจำแนกและเป็นทางเลือกในการวินิจฉัยความผิดปกติของเนื้อเยื่อจากภาพเอ็มอาร์ไอ

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างคุณลักษณะของเวฟเลตส์ทรานสฟอร์มซึ่งสกัดจากภาพ

Image	LL3_Mean	LL3_Std	LL3_Energy	LL3_Entropy	LL3_Skewness	LL3_Kurtosis	LH3_Energy	Label
no0.jpg	1.714031	2.320465	40780.05	4.426665	1.098635	-0.12755	702.7213	NoTumor
no1013.jpg	1.705669	2.296569	40099.32	4.517891	1.07321	-0.21863	671.267	NoTumor
y583.jpg	2.093437	2.352014	48580.81	5.301418	0.697567	-0.90742	783.2516	Tumor
y586.jpg	2.461049	2.411077	58163.27	6.652478	0.598346	-0.87857	772.3447	Tumor

5. การคัดเลือกคุณสมบัติที่มีนัยสำคัญด้วยการวัดระดับความสำคัญของแต่ละคุณสมบัติด้วยแรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest Importance) โดยคัดเลือกเฉพาะคุณสมบัติที่มีค่าความสำคัญมากกว่า 0.01 ทำให้ได้คุณลักษณะของเวฟเลตส์ทั้งสิ้น 39 คุณลักษณะจาก 60 คุณลักษณะ ซึ่งลดคุณลักษณะที่ไม่จำเป็นลงถึงร้อยละ 35



ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าความสำคัญของเวฟเลตส์จากมากไปหาน้อย

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติที่สกัดได้ที่ได้พบว่าคุณสมบัติที่มีความสำคัญสูงสุด ได้แก่ LL3_Skewness (0.1057), LL3_Std (0.0795), และ LL3_Kurtosis (0.0659) ซึ่งสกัดจากซับแบนด์ประมาณค่าระดับ 3 รวมถึง HL3_Kurtosis (0.0443) และ HH3_Kurtosis (0.0397) จากซับแบนด์รายละเอียดแนวตั้งและแนวทแยง คุณสมบัติเหล่านี้สามารถตรวจจับลักษณะความไม่สมมาตร ความหลากหลายเชิงโครงสร้างและความชันของการกระจายข้อมูลที่มากกว่าปกติ ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะทางพยาธิวิทยาของเนื้องอกที่แตกต่างจากเนื้อเยื่อสมองปกติ เช่น การเจริญเติบโตของเซลล์ผิดปกติ การสะสมของเหลวหรือแคลเซียมและการเปลี่ยนแปลงของขอบเขตเนื้อเยื่อ จากการวิเคราะห์คุณลักษณะแต่ละซับแบนด์พบว่าคุณสมบัติจากซับแบนด์ LL3 มีความสำคัญสูงสุดแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างหลักและลักษณะโดยรวมของภาพมีอิทธิพลต่อการจำแนกมากกว่ารายละเอียดปลีกย่อย นอกจากนี้ยังพบว่าค่าพลังงานและค่าเอนโทรปีของซับแบนด์ต่าง ๆ มีความสำคัญรองลงมาแสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะเชิงพื้นผิวหลายมิติสามารถช่วยสนับสนุนการจำแนกกลุ่มภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการคัดเลือกคุณลักษณะจึงควรให้ความสำคัญกับคุณลักษณะเชิงสถิติและพลังงานในย่านความถี่ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มจำนวน 4 แบบจำลองโดยอาศัยซอฟต์แวร์ Altair AI Studio รุ่น 2025.0.1 [18] ในการพัฒนาและประเมินแบบจำลองซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. อาดาบูสต์ มีกระบวนการทำงานโดยอาศัยการประมวลผลร่วมกันของแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพต่ำหลายแบบจำลอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ต้นไม้ตัดสินใจเป็นแบบจำลองการเรียนรู้พื้นฐาน เพื่อร่วมกันสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม อาดาบูสต์ใช้หลักการปรับน้ำหนักโดยให้ความสำคัญกับข้อมูลที่ทำนายผิดเพิ่มมากขึ้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการเรียนรู้ในรอบถัดไป โดยในแต่ละรอบของการเรียนรู้ของแบบจำลองจะมีการกำหนดน้ำหนักใหม่ให้กับชุดข้อมูล

แต่ละชุดและแบบจำลองสามารถเรียนรู้จากน้ำหนักเหล่านั้นเพื่อปรับปรุงสมรรถนะโดยรวม [19] สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานพอสังเขปได้ ดังนี้

1) กระบวนการเริ่มต้น กำหนดน้ำหนักเท่ากันให้กับตัวอย่างข้อมูลทุกตัว

2) กระบวนการฝึกสอนให้แบบจำลองพื้นฐาน ใช้ข้อมูลที่มีการถ่วงน้ำหนักเพื่อฝึกสอนแบบจำลองพื้นฐานในรูปแบบต้นไม้ตัดสินใจหนึ่งต้น โดยกำหนดความลึกสูงสุดที่ 10 ระดับ ใช้ Gain Ratio เป็นเกณฑ์การแยกโหนด ใช้เทคนิค Pre-pruning โดยกำหนดค่า Minimal Gain ที่ 0.01 ใช้จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำในลีฟโหนดที่ 2 ตัวอย่าง ใช้จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำสำหรับการแยกโหนดที่ 4 ตัวอย่าง และจำนวนทางเลือกสำหรับ Pre-pruning ที่ 3 ทางเลือก นอกจากนี้ยังใช้เทคนิค Post-pruning ด้วยค่า Confidence ที่ 0.1 เพื่อควบคุมความซับซ้อนและป้องกันการโอเวอร์ฟิตติ้ง

3) กระบวนการคำนวณความผิดพลาด หาอัตราความผิดพลาดถ่วงน้ำหนักของตัวจำแนกที่ได้

4) กระบวนการกำหนดน้ำหนักตัวจำแนก ตัวจำแนกที่แม่นยำสูงจะได้ค่าน้ำหนักมาก ตัวจำแนกที่แม่นยำต่ำจะได้ค่าน้ำหนักน้อย

5) กระบวนการปรับปรุงน้ำหนักตัวอย่าง เพิ่มน้ำหนักให้กับตัวอย่างที่ถูกจำแนกผิด และลดน้ำหนักของตัวอย่างที่ถูกจำแนกถูก เพื่อให้รอบการทำงานถัดไปเกิดการเรียนรู้จากตัวอย่างที่ยากมากขึ้น

6) กระบวนการทำซ้ำ วนกลับไปทำขั้นตอนที่สองถึงห้าจนครบจำนวนรอบที่กำหนด

7) กระบวนการรวมตัวจำแนก นำผลการทำงานของแบบจำลองพื้นฐานทั้งหมดมารวมกันด้วยการลงคะแนนเสียงถ่วงน้ำหนักโดยตัวจำแนกที่แม่นยำจะมีน้ำหนักเสียงมากกว่าเพื่อสร้างตัวจำแนกที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. เอ็กตรีมกราเดียนบูสต์ เป็นแบบจำลองซึ่งอาศัยการรวมแบบจำลองหลายชุดเข้าด้วยกัน โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบลำดับซึ่งแต่ละแบบจำลองย่อยมักมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน การเรียนรู้ของแบบจำลองจะดำเนินไปโดยนำข้อผิดพลาดที่เกิดจากแบบจำลองก่อนหน้ามาใช้ในการปรับปรุงเพื่อใช้ในแบบจำลองถัดไป โดยกระบวนการนี้จะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องในลักษณะไล่ระดับจนกว่าแบบจำลองจะไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากกว่าเดิม [20] สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานพอสังเขปได้ ดังนี้

1) กระบวนการเริ่มต้น สร้างการทำนายเริ่มต้นด้วยค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของตัวแปรเป้าหมาย

2) หาค่าความแตกต่างระหว่างค่าทำนายกับค่าจริง (Residual) และคำนวณค่า Gradient (อนุพันธ์อันดับหนึ่ง) และค่า Hessian (อนุพันธ์อันดับสอง) ของฟังก์ชันความผิดพลาด

3) กระบวนการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ สร้างต้นไม้ตัดสินใจใหม่โดยใช้ค่าอนุพันธ์เป็นเป้าหมายในการเรียนรู้ โดยใช้อัลกอริทึม Tree Booster กำหนดวิธีการสร้างต้นไม้เป็นแบบอัตโนมัติและใช้ข้อมูลทั้งหมดในการสร้างต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้น (subsample = 1.0)

4) กระบวนการควบคุมความซับซ้อน จำกัดความลึกสูงสุดของต้นไม้ที่ 6 ระดับ (Max Depth = 6) กำหนดน้ำหนักขั้นต่ำของโหนดลูกที่ 1.0 (Min Child Weight = 1.0) กำหนดค่าความสูญเสียขั้นต่ำสำหรับการแยกโหนดที่ 0.0 (Min Split Loss = 0.0) และใช้ค่า Regularization แบบ L2 ที่ 1.0 (lambda = 1.0) และ L1 ที่ 0.0 (alpha = 0.0) เพื่อป้องกันการโอเวอร์ฟิตติ้ง

5) กระบวนการปรับน้ำหนักการเรียนรู้ เพิ่มค่าทำนายของต้นไม้ใหม่ด้วยอัตราการเรียนรู้ 0.3 (Learning Rate = 0.3) เพื่อควบคุมการปรับปรุงแบบค่อยเป็นค่อยไป

6) กระบวนการปรับปรุงการทำนาย เพิ่มค่าทำนายจากต้นไม้ใหม่ให้กับค่าทำนายสะสมจากรอบก่อนหน้า

7) กระบวนการทำซ้ำ วนกลับไปทำขั้นตอนที่สองถึงหกจนครบ 25 รอบ (rounds = 25) โดยไม่ใช้เทคนิค Early Stopping

8) กระบวนการทำนายสุดท้าย รวมการทำนายจากต้นไม้ทั้งหมดเข้าด้วยกันเพื่อได้ผลลัพธ์สุดท้าย

3. แรนดอมฟอร์เรสต์ เป็นเทคนิคการสร้างแบบจำลองโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจจำนวนหลายต้น ซึ่งแต่ละต้นจะถูกสร้างขึ้นจากการสุ่มเลือกข้อมูลและตัวแปรบางส่วน เมื่อต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้นทำการจำแนกข้อมูลเสร็จจะนำผลลัพธ์ทั้งหมดมารวมกันโดยใช้วิธีการนับเสียงข้างมากเพื่อเลือกคำตอบ แบบจำลองแรนดอมฟอร์เรสต์สามารถให้ผลการจำแนกที่แม่นยำและลดปัญหาในกรณีที่แบบจำลองมีความสามารถในการจำแนกข้อมูลฝึกได้แม่นยำสูงเกินไปได้ดี แต่มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อประมวลผลกับข้อมูลใหม่หรือปัญหาโอเวอร์ฟิตติ้งเนื่องจากใช้การรวมผลจากหลายแบบจำลองเข้าด้วยกัน [21] สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานพอสังเขปได้ ดังนี้

1) กระบวนการสุ่มตัวอย่างข้อมูล ดำเนินการสุ่มเลือกตัวอย่างข้อมูลจากชุดข้อมูลต้นฉบับแบบมีการแทนที่ (Bootstrap Sampling) โดยต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้นจะได้รับชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีต้นไม้ตัดสินใจ 100 ต้น ความลึกสูงสุด 10 ระดับ และใช้ Gain Ratio เป็นเกณฑ์การแยกโหนด

2) กระบวนการสุ่มเลือกคุณลักษณะ ในแต่ละโหนดของต้นไม้จะสุ่มเลือกคุณลักษณะเพียงส่วนหนึ่งเพื่อพิจารณาในการแยกโหนดทั้งนี้เพื่อสร้างความหลากหลายระหว่างต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้น

3) กระบวนการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ ดำเนินการสร้างต้นไม้ตัดสินใจจากชุดข้อมูลที่สุ่มได้ในขั้นตอนที่หนึ่ง โดยในแต่ละโหนดจะเลือกคุณลักษณะที่ให้ค่า Gain Ratio สูงสุดจากชุดคุณลักษณะที่สุ่มมาในขั้นตอนที่สองกระบวนการนี้ทำซ้ำจนกว่าจะหยุดตามเงื่อนไข ได้แก่ ความลึกสูงสุด ความบริสุทธิ์ของโหนด หรือจำนวนตัวอย่างขั้นต่ำในโหนด

4) กระบวนการควบคุมความซับซ้อน จำกัดความลึกสูงสุดของต้นไม้ตัดสินใจไว้ที่ 10 ระดับเพื่อควบคุมความซับซ้อนของแบบจำลองและป้องกันปัญหาการโอเวอร์ฟิตติ้ง การจำกัดความลึกนี้เป็นกลไกการควบคุมความซับซ้อนแบบ Pre-pruning ซึ่งแตกต่างจาก Post-pruning ที่ต้องปรับแต่งต้นไม้ตัดสินใจหลังจากสร้างเสร็จแล้ว วิธีการนี้ช่วยให้ต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้นมีขนาดที่เหมาะสมและยังคงรักษาความหลากหลายในการเรียนรู้รูปแบบของข้อมูล

5) กระบวนการทำซ้ำ วนซ้ำขั้นตอนที่หนึ่งถึงสี่จนได้ต้นไม้ตัดสินใจครบ 100 ต้น โดยต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้นสร้างอย่างเป็นอิสระ

6) กระบวนการรวมการทำนาย สำหรับการจำแนกใช้วิธีการลงคะแนนเสียงข้างมาก (Majority Voting) จากผลของต้นไม้ทั้งหมด โดยคลาสที่ได้รับคะแนนเสียงมากที่สุดจะเป็นผลการทำนายสุดท้าย

7) กระบวนการประเมินความสำคัญของคุณลักษณะ คำนวณค่าความสำคัญของแต่ละคุณลักษณะโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยการลดลงของค่าความผิดพลาดหรือความไม่บริสุทธิ์ของโหนดเมื่อใช้คุณลักษณะนั้นในการแยกโหนดทั่วทั้งต้นไม้ทั้งหมดในป่าสุ่ม คุณลักษณะที่มีค่าความสำคัญสูงแสดงว่ามีส่วนสำคัญในการสร้างแบบจำลองการทำนาย

4. แบกกิ้ง เป็นแบบจำลองซึ่งอาศัยการสุ่มข้อมูลจากชุดฝึกสอนแบบจำลองด้วยการสุ่มแบบมีการแทนที่เพื่อสร้างชุดข้อมูลย่อยหลายชุด จากนั้นนำข้อมูลย่อยแต่ละชุดไปสร้างแบบจำลองย่อยด้วยแบบจำลองพื้นฐานที่เหมือนกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ต้นไม้ตัดสินใจเป็นแบบจำลองพื้นฐานพื้นฐาน และกระบวนการสุดท้ายแบบจำลองจะทำการรวมผลลัพธ์จากแบบจำลองทั้งหมดเพื่อเพิ่มความเสถียรและความแม่นยำในการพยากรณ์ [22] ทั้งนี้สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานพอสังเขปได้ ดังนี้

1) กระบวนการสุ่มตัวอย่างข้อมูล สุ่มเลือกตัวอย่างข้อมูลจากชุดข้อมูลต้นฉบับแบบมีการแทนที่โดยแต่ละชุดข้อมูลจะมีขนาดเท่ากับชุดข้อมูลต้นฉบับ แต่อาจมีตัวอย่างบางตัวซ้ำกันและบางตัวไม่ถูกเลือก

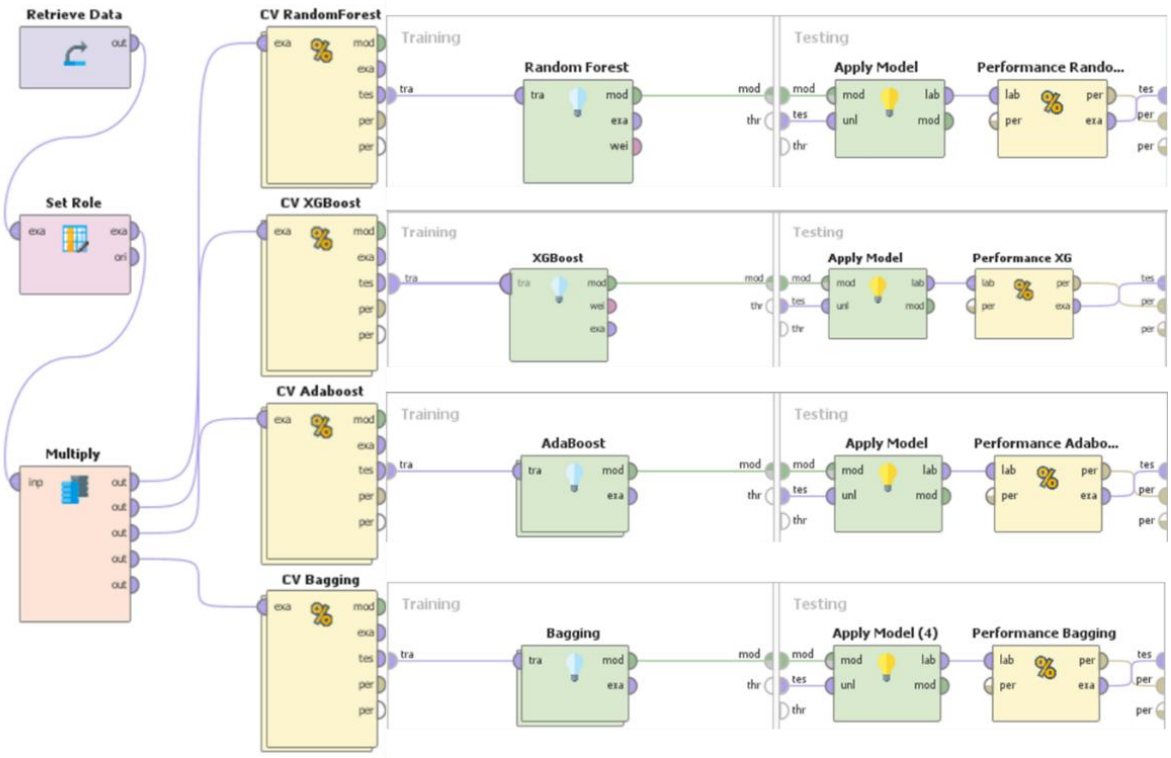
2) กระบวนการฝึกสอนแบบจำลองพื้นฐาน ใช้ชุดข้อมูลที่สุ่มได้แต่ละชุดเพื่อฝึกสอนแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจหนึ่งต้นอย่างเป็นอิสระ โดยกำหนดความลึกสูงสุดที่ 10 ระดับ ใช้ Gain Ratio เป็นเกณฑ์การแยกโหนด ใช้เทคนิค

Pre-pruning โดยกำหนดค่า Minimal Gain ที่ 0.01 จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำในลีฟโหนดที่ 2 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำสำหรับการแยกโหนดที่ 4 ตัวอย่าง และจำนวนทางเลือกสำหรับ Pre-pruning ที่ 3 ทางเลือก นอกจากนี้ยังใช้เทคนิค Post-pruning ด้วยค่า Confidence ที่ 0.1 เพื่อควบคุมความซับซ้อนและป้องกันการโอเวอร์ฟิตติ้ง

3) กระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นฐานหลายตัว ทำซ้ำขั้นตอนที่หนึ่งและสองจนได้แบบจำลองครบตามจำนวนที่กำหนด โดยแต่ละแบบจำลองจะเรียนรู้จากข้อมูลที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อย

4) กระบวนการรวมการจำแนก ใช้การลงคะแนนเสียงข้างมากจากแบบจำลองทั้งหมดในการจำแนก

5) กระบวนการประเมินความไม่แน่นอน สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของการทำนายจากแต่ละแบบจำลองเพื่อความมั่นใจในผลลัพธ์



ภาพที่ 3 แสดงการสร้างแบบจำลองและประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

การประเมินผล

การศึกษาและวิจัยในครั้งนี้มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้เทคนิคการแบ่งชุดข้อมูลแบบไขว้ (Cross-Validation) โดยแบ่งข้อมูลทั้งหมดออกเป็น 10 ส่วนที่มีขนาดเท่ากัน โดยในการเรียนรู้แต่ละรอบแบบจำลองจะสุ่มเลือก 1 ส่วนเป็นชุดทดสอบ (Testing Set) และใช้ส่วนที่เหลืออีก 9 ส่วนเป็นชุดฝึกสอนแบบจำลอง (Training Set) กระบวนการนี้ถูกทำซ้ำทั้งหมด 30 รอบและนำผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละรอบมาเฉลี่ยเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยวิธีการนี้เป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางและเหมาะสมที่สุดในการสร้างสมดุลระหว่างความเอนเอียงและความแปรปรวนของการประมาณค่าสอดคล้องกับงานวิจัยโดย Allgaier & Pryss [23] และ Kohavi [24] ซึ่งช่วยลดปัญหาอัตราความแปรปรวนที่มีสูงจากการใช้จำนวนรอบน้อยเกินไปและหลีกเลี่ยงความเอนเอียงในอัตราที่สูงจากการใช้จำนวนรอบที่มากเกินไป พร้อมทั้งสร้างสมดุลระหว่างการคำนวณและความแม่นยำของการประเมิน นอกจากนี้การใช้ข้อมูลฝึกสอนถึงร้อยละ 90 ในแต่ละรอบ ทำให้ข้อมูลทั้งหมดถูกใช้ทั้งในกระบวนการฝึกสอนและกระบวนการทดสอบอย่างครบถ้วน

ส่งผลให้การประเมินสะท้อนความสามารถแบบจำลองได้อย่างแท้จริงสอดคล้องกับ Rodriguez et al. [25] และ Varoquaux et al. [26] และตัวชี้วัดในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในครั้งนี้ประกอบด้วย ค่าความแม่นยำ ค่าความไว ค่าความจำเพาะ และค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบซึ่งคำนวณร่วมกับตารางเมตริกซ์ความสับสนซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ตารางเมตริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) คือ ผลของการจำแนกภาพถ่ายซึ่งประกอบด้วยการจำแนกคลาสจำนวน 2 คลาสได้แก่คลาส Positive คือกลุ่มภาพถ่ายซึ่งมีภาวะโรคเนื้องอกในสมองและคลาส Negative คือกลุ่มภาพถ่ายซึ่งไม่มีภาวะโรคเนื้องอกในสมองทั้งนี้ผลการจำแนกประกอบด้วย 4 รูปแบบ ได้แก่

1.1 True Negative (TN) คือ แบบจำลองจำแนกว่าไม่มีเนื้องอกในสมองและไม่มีเนื้องอกในสมองจริง

1.2 False Positive (FP) คือ แบบจำลองจำแนกว่ามีเนื้องอกในสมองแต่ไม่มีเนื้องอกในสมองจริง

1.3 False Negative (FN) คือ แบบจำลองจำแนกว่าไม่มีเนื้องอกในสมองแต่มีเนื้องอกในสมองจริง

1.4 True Positive (TP) คือ แบบจำลองจำแนกว่ามีเนื้องอกในสมองและมีเนื้องอกในสมองจริง

2. ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คือ สัดส่วนของจำนวนครั้งที่แบบจำลองจำแนกผลทั้งกลุ่มมีเนื้องอกและไม่มีเนื้องอกในสมองได้ถูกต้องเปรียบเทียบกับจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการประเมินแบบจำลอง

$$\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) \quad (1)$$

3. ค่าความไว (Sensitivity) คือ สัดส่วนที่แบบจำลองสามารถพยากรณ์ผลได้ถูกต้องในกรณีที่มีภาวะโรคเนื้องอกในสมองเมื่อเทียบกับจำนวนที่มีภาวะโรคเนื้องอกในสมองทั้งหมด

$$\text{Sensitivity} = TP / (TP + FN) \quad (2)$$

4. ค่าความจำเพาะ (Specificity) คือ สัดส่วนที่แบบจำลองสามารถจำแนกกรณีที่ไม่มีเนื้องอกในสมองได้อย่างถูกต้องเมื่อเทียบกับจำนวนไม่มีเนื้องอกในสมองทั้งหมด

$$\text{Specificity} = TN / (TN + FP) \quad (3)$$

5. ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ (F-measure) คือค่าที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยวัดความสมดุลระหว่างความแม่นยำในการจำแนกภาพได้ถูกต้อง (Precision) และ ความครบถ้วนในการตรวจจับภาพ (Recall) ในแต่ละคลาส

$$\text{Precision (Positive)} = TP / (TP + FP) \quad (4)$$

$$\text{Recall (Positive)} = TP / (TP + FN) \quad (5)$$

$$\text{Precision (Negative)} = TN / (TN + FN) \quad (6)$$

$$\text{Recall (Negative)} = TN / (TN + FP) \quad (7)$$

$$\text{F1-measure} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (8)$$

การนำไปใช้งาน

หลังจากได้แบบจำลองที่ดีที่สุดแล้วแบบจำลองดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลใหม่ได้โดยตรง เพื่อทำการจำแนกภาพถ่ายทางการแพทย์ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยแบบจำลองจะถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลหรือไฟล์แบบจำลองเพื่อให้สามารถเรียกใช้งานซ้ำในสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การประมวลผลภาพถ่ายทางการแพทย์ การคัดกรองความผิดปกติ หรือการตัดสินใจเชิงระบบ ทั้งนี้การนำไปใช้งานจริงควรดำเนินการควบคู่กับกระบวนการตรวจสอบคุณภาพและประเมินผลการทำงานอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาความถูกต้องและความเชื่อถือได้

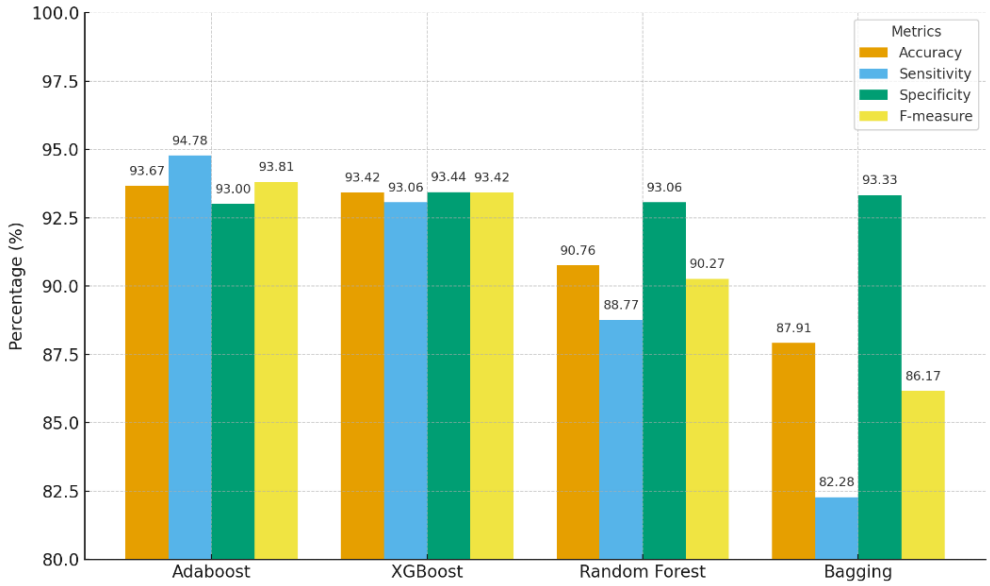
ผลการวิจัย

จากผลการจำแนกภาพถ่ายดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าแบบจำลองอาดาบูสต์มีความถูกต้องในการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่มีภาวะเนื้องอกในสมองถูกต้อง (TP) ในอัตราที่สูงที่สุดที่ 148 ภาพ และสามารถจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกในสมอง (TN) ได้ถูกต้อง 146 ภาพ ขณะเดียวกันมีการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่มีภาวะเนื้องอกผิดพลาดการจำแนก (FN) เพียง 9 ราย ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองซึ่งใช้ในงานวิจัยทั้งหมดและมีจำนวนการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกผิดพลาด (FP) เพียง 11 ภาพ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองอาดาบูสต์มีสมดุลที่ดีระหว่างความสามารถในการจำแนกภาพที่มีและไม่มีภาวะเนื้องอก แบบจำลองเอ็กตรีมกราเดียนบูสต์มีความสามารถในการจำแนก ภาพที่ไม่มีภาวะเนื้องอกได้ถูกต้องมากที่สุด (TN) ที่ 147ภาพ และมีจำนวนการจำแนกภาพที่ไม่มีภาวะเนื้องอกผิดพลาด (FP) เพียง 10 ภาพ ซึ่งอยู่ในอัตราที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น ซึ่งบ่งชี้ถึงความแม่นยำในการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกในสมอง อย่างไรก็ตามอัตราการจำแนกภาพที่มีภาวะเนื้องอกผิดพลาด (FN) ที่ 11 ภาพ ซึ่งมีมากกว่าแบบจำลองอาดาบูสต์เล็กน้อยแสดงให้เห็นว่าแม้แบบจำลองเอ็กตรีมกราเดียนบูสต์สามารถลดความผิดพลาดในการจำแนกกลุ่มภาพที่ไม่มีภาวะเนื้องอกได้ดีแต่ยังมีแนวโน้มที่จะพลาดการตรวจจับภาพที่มีภาวะเนื้องอกในบางกรณี แบบจำลองแรนดอมฟอร์เรสต์แสดงผลการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกในสมองถูกต้อง (TN) ได้ใกล้เคียงกับแบบจำลองอื่นที่ 146 ภาพ และอัตราการจำแนกภาพที่ไม่มีภาวะเนื้องอกผิดพลาด (FP) ในระดับเดียวกับแบบจำลองอาดาบูสต์ที่ 11 ภาพ อย่างไรก็ตามอัตราการจำแนกภาพที่มีภาวะเนื้องอกผิดพลาด (FN) มีสูงถึง 18 ภาพ ซึ่งสูงกว่าแบบจำลองอาดาบูสต์อย่างชัดเจน บ่งบอกถึงข้อจำกัดในการจำแนกภาพที่มีภาวะเนื้องอกส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมในการวินิจฉัยโรคลดลง โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการความแม่นยำในการคัดกรองภาพถ่ายสมองที่มีภาวะของโรค แบบจำลองแบกกิ้งมีจำนวนการจำแนกภาพที่มีภาวะเนื้องอกในอัตราที่น้อยที่สุด (TP) ที่ 130 ภาพ และมีอัตราการจำแนกภาพที่มีภาวะเนื้องอกผิดพลาดสูงที่สุด (FN) ที่ 27 ภาพ ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดในการจำแนกภาพที่มีภาวะเนื้องอกอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าแม้จะมีจำนวนการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกในสมองถูกต้อง (TN) เทียบเท่ากับแบบจำลองอาดาบูสต์และแบบจำลองแรนดอมฟอร์เรสต์ที่ 146 ภาพ แต่จำนวนภาพซึ่งมีภาวะเนื้องอกที่แบบจำลองแบกกิ้งจำแนกผิดพลาดอยู่ในอัตราที่สูงจึงอาจไม่เหมาะสำหรับงานวินิจฉัยทางการแพทย์ที่ต้องการลดการพลาดให้อยู่ในอัตราที่ต่ำที่สุด

ตารางที่ 2 แสดงผลการจำแนกของแบบจำลอง

แบบจำลอง	TN	FP	FN	TP
อาดาบูสต์	146	11	9	148
เอ็กตรีมกราเดียนบูสต์	147	10	11	146
แรนดอมฟอร์เรสต์	146	11	18	139
แบกกิ้ง	146	11	27	130

จากการประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองพบว่าแบบจำลองอาดาบูสต์มีความแม่นยำโดยรวมสูงสุดที่ร้อยละ 93.67 สามารถจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่มีภาวะเนื้องอกในสมองได้ดีที่สุดโดยมีค่าความไวที่ร้อยละ 94.78 และมีค่าความจำเพาะที่ร้อยละ 93.00 บ่งบอกได้ว่าสามารถจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกในสมองได้ดีเช่นกันส่งผลให้มีค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงที่สุดที่ร้อยละ 93.81 สะท้อนถึงความสมดุลระหว่างความแม่นยำและความครอบคลุมในอัตราที่สูง แบบจำลองเอ็กตรีมกราเดียนบูสต์ความแม่นยำและความไวโดยรวมที่ร้อยละ 93.42 และร้อยละ 93.06 ซึ่งใกล้เคียงกับอาดาบูสต์เป็นอย่างมาก และมีค่าความจำเพาะสูงที่สุดที่ร้อยละ 93.44 บ่งบอกถึงความสามารถในการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกในสมองได้ดีและมีความสมดุลระหว่างความแม่นยำและความครอบคลุมในอัตราที่สูงโดยมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ร้อยละ 93.42 แบบจำลองแรนดอมฟอร์เรสต์มีค่าความจำเพาะสูงที่ร้อยละ 93.06 บ่งบอกถึงความสามารถในการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกในสมองได้ดี แต่มีความแม่นยำที่ร้อยละ 90.76 มีค่าความไวที่ร้อยละ 88.77 และมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ร้อยละ 90.27 ซึ่งต่ำกว่าเอ็กตรีมกราเดียนบูสต์และอาดาบูสต์อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาแบบจำลองแบกกิ้งพบว่าแม้จะมีค่าความจำเพาะในอัตราที่สูงที่ร้อยละ 93.33 ซึ่งบ่งบอกว่าสามารถจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่ไม่มีภาวะเนื้องอกในสมองได้ดี แต่มีความแม่นยำและค่าความไวโดยรวมต่ำที่สุดที่ร้อยละ 87.91 และร้อยละ 82.28 ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าเกิดข้อผิดพลาดในการจำแนกภาพถ่ายกลุ่มที่มีภาวะเนื้องอกในสมองจำนวนมากส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบต่ำที่สุดที่ร้อยละ 86.17 สะท้อนถึงความไม่สมดุลในการจำแนกภาพถ่ายของแบบจำลองทั้งนี้ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองสามารถนำเสนอดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกภาพเนื้องอกในสมองในรูปแบบภาพถ่ายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีการปรับปรุงขนาดภาพให้มีขนาดกว้าง 512 พิกเซลและยาว 512 พิกเซล ปรับภาพให้อยู่ในรูปแบบในรูปแบบเกรย์สเกล และปรับปรุงความคมชัดของภาพด้วยเทคนิคการปรับสมดุลฮิสโตรแกรมแบบจำกัดคอนทราสต์ ก่อนกระบวนการสกัดคุณลักษณะเวฟเลตส์ซึ่งสามารถบ่งบอกลักษณะพื้นผิวของภาพ โดยงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เวฟเลตส์ชนิด Daubechies 4 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานของภาพ (LL) จำนวน 1 ซับแบนด์, ข้อมูลขอบแนวนอน (LH) จำนวน 3

ซับแบนด์, ข้อมูลขอบแนวตั้ง (HL) จำนวน 3 ซับแบนด์,ข้อมูลขอบแนวทแยง (HH) จำนวน 3 ซับแบนด์รวมทั้งสิ้น 10 ซับแบนด์ โดยแต่ละซับแบนด์ประกอบด้วยค่าสถิติเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, พลังงาน, เอนโทรปี, ความเบ้ และความสูงชันทำให้ได้คุณลักษณะของเวฟเลตส์รวมทั้งสิ้น 60 คุณลักษณะ และคัดเลือกเฉพาะคุณสมบัติที่มีนัยสำคัญด้วยการวัดระดับความสำคัญด้วยแรนดอมฟอเรสต์ที่มีค่าความสำคัญมากกว่า 0.01 ทำให้เหลือคุณลักษณะของเวฟเลตส์ทั้งสิ้น 39 คุณลักษณะ และนำข้อมูลคุณลักษณะดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ของเครื่องด้วยแบบจำลอง 4 แบบจำลองได้แก่ อาดาบูสต์ เอ็กตรีมกราเดียนบูสต์ แรนดอมฟอร์เรสต์ และแบกกิ้ง ทั้งนี้ผลการพัฒนาและเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่าแบบจำลองอาดาบูสต์แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีที่สุดในทุกตัวชี้วัด เหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำสูงทั้งด้านการตรวจพบภาวะโรคและการลดข้อผิดพลาดในการจำแนกข้อมูล มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในการจำแนกภาพถ่ายโรคเนื้องอกในสมอง แบบจำลองเอ็กตรีมกราเดียนบูสต์เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิทั้งด้านความสามารถในการจำแนกภาพที่มีและไม่มีภาวะโรคเนื้องอกในสมอง สามารถลดอัตราการจำแนกที่ผิดพลาดได้ดี หากแต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าแบบจำลองอาดาบูสต์เล็กน้อย แบบจำลองแรนดอมฟอร์เรสต์และแบบจำลองแบกกิ้งแม้มีระดับค่าความสามารถในการจำแนกกลุ่มที่ไม่มีภาวะของโรคที่สูง แต่มีค่าความสามารถในการจำแนกกลุ่มที่มีภาวะของโรคที่ต่ำกว่าแบบจำลองอื่นอาจไม่เหมาะในการถาพถ่ายโรคเนื้องอกในสมองเนื่องจากมีอัตราการจำแนกกลุ่มภาพที่มีภาวะโรคผิดพลาดในอัตราที่สูง

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานวิจัยที่มีระเบียบวิจัยที่ใกล้เคียงกันพบว่างานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพน้อยกว่างานวิจัยโดย Gopi Krishna et al. [4] ซึ่งใช้คุณสมบัติของเวฟเลตส์ที่คล้ายคลึงกันและมีความแม่นยำร้อยละ 98.7 โดยงานวิจัยนี้มีความแม่นยำน้อยกว่าคิดเป็นร้อยละ 5.09 และมีความสอดคล้องกับ Nayak et al. [5] ซึ่งสกัดคุณลักษณะเวฟเลตส์จากภาพเอ็มอาร์ไอโดยใช้ข้อมูลรูปภาพ 3 ชุด จากนั้นใช้การลดมิติข้อมูลด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักภายใต้กรอบความน่าจะเป็น (Probabilistic Principal Component Analysis หรือ PPCA) ซึ่งสามารถลดคุณลักษณะเหลือ 13 คุณลักษณะจาก 1,024 คุณลักษณะ และใช้แบบจำลองอาดาบูสต์ซึ่งมีแรนดอมฟอร์เรสต์เป็นอัลกอริทึมการเรียนรู้พื้นฐานผลการจำแนกภาพสมองที่ปกติและผิดปกติให้ความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 99.84 ซึ่งมีความแม่นยำมากกว่างานวิจัยนี้ร้อยละ 6.18 โดยความแตกต่างนี้อาจเกิดจากชุดข้อมูลหรือการตั้งค่าแบบจำลอง ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำกับงานวิจัยใช้แบบจำลองอาดาบูสต์ซึ่งมีอัลกอริทึมการเรียนรู้พื้นฐานที่แตกต่างกันโดยอ้างอิงงานวิจัย Nayak et al. [6] ซึ่งใช้ซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชีนเป็นอัลกอริทึมการเรียนรู้พื้นฐานให้ความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 99.45 ซึ่งมีความแตกต่างของผลลัพธ์เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งใช้แบบจำลองเพียงแบบเดียวพบว่าแบบจำลองอาดาบูสต์ซึ่งให้ผลดีที่สุดในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่างานวิจัยของ Yadav & Yadav [7] ซึ่งใช้กระบวนการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครือข่ายประสาทเทียมร่วมกับการจำแนกภาพถ่ายเนื้องอกในสมองมีความแม่นยำร้อยละ 98.78 ซึ่งแม่นยำกว่างานวิจัยนี้ที่ร้อยละ 5.17 อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ใช้การเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่มซึ่งให้ความเสถียรและลดความเสี่ยงของปัญหาซึ่งแบบจำลองเรียนรู้ข้อมูลชุดฝึกได้ดีแต่ให้ความถูกต้องในจำแนกข้อมูลใหม่ในอัตราที่ต่ำได้ดีกว่าการใช้แบบจำลองเพียงแบบเดียว ทั้งนี้ในประเด็นการใช้งานทรัพยากรและความซับซ้อนของกระบวนการโดยอ้างอิงงานวิจัยของ Patil & Kirange [8] ซึ่งใช้วิธีการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มในการจำแนกเนื้องอกสมองโดยนำแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกหลายแบบจำลองมาประมวลผลรวมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และการทำนาย ส่งผลให้มีความแม่นยำร้อยละ 97.77 ซึ่งแม่นยำกว่างานวิจัยนี้ที่ร้อยละ 4.19 ซึ่งกระบวนการทำงานลักษณะนี้ต้องการทรัพยากรการประมวลผลสูง ทั้งนี้ประสิทธิภาพของแบบจำลองอาดาบูสต์ในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่างานวิจัยที่เปรียบเทียบซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความแตกต่างของชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ประเภทและจำนวนคุณลักษณะที่สกัดได้ การตั้งค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ของแบบจำลอง และการเลือกใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้พื้นฐานที่แตกต่างกันโดยงานวิจัยที่นำมาอ้างอิงซึ่งให้ผลลัพธ์ดีกว่ามีการใช้เทคนิคที่ซับซ้อน หรือใช้การเรียนรู้เชิงลึกหลายแบบจำลองร่วมกัน

ซึ่งต้องการทรัพยากรการประมวลผลสูงกว่า ขณะที่งานวิจัยนี้เน้นการพัฒนาแบบจำลองที่มีความซับซ้อนต่ำและเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร แม้จะมีความแม่นยำต่ำกว่าแต่ยังคงให้ความสมดุลที่ดีระหว่างประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงในขณะที่งานวิจัยนี้เสนอแนวทางที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าเหมาะในการนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองอาดาบูสต์มีประสิทธิภาพในการจำแนกเนื้องอกในสมองด้วยภาพถ่ายทางการแพทย์ที่เหนือกว่าแบบจำลองอื่นในทุกตัวชี้วัดอย่างมีนัยสำคัญ ผลการคัดเลือกคุณสมบัติด้วยค่าความสำคัญของแรนดอมฟอเรสต์ที่มากกว่า 0.01 ขึ้นไปแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางสถิติจากซับแบนด์ประมาณค่าระดับ 3 โดยเฉพาะค่าความเบ้ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าความสูงชันมีบทบาทสำคัญในการจำแนกเนื้องอกในสมอง และแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง แม้จะมีความแม่นยำต่ำกว่างานวิจัยที่ใช้เทคนิคซับซ้อนแต่งานวิจัยนี้ให้ผลลัพธ์ที่ยอมรับได้ด้วยความแม่นยำที่ร้อยละ 93.67 ด้วยความซับซ้อนที่น้อยกว่าแสดงให้เห็นว่าการสกัดคุณลักษณะเวฟเลตส์จากภาพถ่ายทางการแพทย์สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมกลุ่มและสามารถให้ความแม่นยำในอัตราที่สูงเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้ในระบบสุขภาพที่มีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี ในประเด็นการศึกษาและวิจัยในอนาคตคณะผู้วิจัยมีแนวทางในการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองพื้นฐาน (Base Learner) ที่ใช้ร่วมกับแบบจำลองอาดาบูสต์โดยพิจารณาทั้งแบบจำลองที่มีความซับซ้อนต่ำอาทิเช่นแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจที่มีความลึกแตกต่างกันแบบจำลองโลจิสติกรีเกรสชัน ตลอดจนแบบจำลองที่มีความซับซ้อนสูงขึ้นเช่น แบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบจำลองนาอีฟเบย์ รวมถึงแบบจำลองอื่นๆที่มีความเหมาะสมต่อลักษณะข้อมูล โดยการศึกษาวิจัยจะครอบคลุมถึงกระบวนการปรับแต่งค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ของแต่ละแบบจำลองเพื่อให้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อประมวลผลร่วมกับแบบจำลองอาดาบูสต์โดยคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ความรวดเร็วในการประมวลผล ความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพตามจำนวนรอบการทำงานและความสามารถในการลดความแปรปรวนของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อยกระดับประสิทธิภาพในการจำแนกภาพถ่ายทางการแพทย์ให้มีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาการคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีในการอำนวยความสะดวกเอื้อเฟื้อสถานที่และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณ Ahmed Hamada ที่เอื้อเฟื้อภาพถ่ายทางการแพทย์และชุดข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1 พิมพญาภรณ์ ทรัพย์มีชัย, สุนทรา เลี้ยงเชวงวงศ์ และ ภัทรวิทย์ รักษ์กุล. ปัจจัยทำนายสภาวะส่วนบุคคลความทุกข์ทรมานจากอาการและพฤติกรรมการจัดการอาการต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยเนื้องอกสมอง. วารสารพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2561; 33(2): 1-12. สืบค้น จาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/CUNS/article/view/254383

2 Mukdaprawat P, Danaidutsadeekul S, Chanruangvanich W, Itthimathin P. Relationships between brain tumor grading, severity of neurological deficit, nutritional status and functional status in brain tumor patients during hospital stay. Nurs Sci J Thail [Internet]. 2012 Sep 28 [cited 2025 Sep.27] ; 30(3): 46-54. Available from: https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ns/article/view/10468

3 Neugut AI, Sackstein P, Hillyer GC, Jacobson JS, Bruce J, Lassman AB, et al. Magnetic resonance imaging-based screening for asymptomatic brain tumors: a review. Oncologist. 2019; 24(3): 375-84.

4 Gopi Krishna T, Sunitha KVN, Mishra S. Detection and classification of brain tumor from MRI medical image using wavelet transform and PSO based LLRBFNN algorithm. Int J Comput Sci Eng. 2018; 6(1): 18-23. doi: 10.26438/ijcse/v6i1.1823. Available from: https://www.ijcseonline.org/full_paper_view.php?paper_id=1627

5 Nayak DR, Dash R, Majhi B. Brain MR image classification using two-dimensional discrete wavelet transform and AdaBoost with random forests. Neurocomputing. 2016;177:188-97.

6 Nayak DR, Dash R, Majhi B. Stationary wavelet transform and AdaBoost with SVM based pathological brain detection in MRI scanning. CNS Neurol Disord Drug Targets. 2017; 16(2): 137-49.

7 Yadav AK, Yadav V. Brain tumor recognition from multimodal magnetic resonance images using wavelet texture features and optimized artificial neural network. Multimed Tools Appl. 2024; 83: 72975-96.

8 Patil S, Kirange D. Ensemble of deep learning models for brain tumor detection. Procedia Comput Sci. 2023; 218: 2468-79.

9 อนุพงศ์ สุขประเสริฐ. คู่มือการทำเหมืองข้อมูลด้วยโปรแกรม RapidMiner Studio. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาสารคาม: ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2563. น. 16-41.

10 Hamada A. Br35H: brain tumor detection 2020 [Internet]. Kaggle; 2020 [cited 2025 Apr 9]. Available from: https://www.kaggle.com/datasets/ahmedhamada0/brain-tumor-detection

11 นราทิพย์ ณ ระนอง. การจำแนกภาพขวดแบบเซ็ตเปิดด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน [วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2562.

12 Naknaem K, Kaewlek T. A comparative study of pre-processing methods to improve glioma segmentation performance in brain MRI using deep learning. J Assoc Med Sci. 2024; 57(2): 132-40.

13 OpenCV. opencv-python [Internet]. PyPI; [cited 2025 Feb 19]. Available from: https://pypi.org/project/opencv-python/

14 Scikit-Image. Scikit-image: image processing in python [Internet]. PyPI; [cited 2025 Feb 6]. Available from: https://pypi.org/project/scikit-image

15 SciPy. SciPy: scientific computing tools for python [Internet]. PyPI; [cited 2025 Feb 14]. Available from: https://pypi.org/project/scipy

16 Pandas development team. Pandas: python data analysis library [Internet]. [cited 2025 Jul 9]. Available from: https://pandas.pydata.org

17 Mathew AR, Anto PB. Tumor detection and classification of MRI brain image using wavelet transform and SVM. In: 2017 International Conference on Signal Processing and Communication (ICSPC); 2017 Jul 28-29; Coimbatore, India. Piscataway (NJ): IEEE; 2017. p. 75-8.

18 Altair. Altair AI Studio [Internet]. [cited 2025 Mar 7]. Available from: https://altair.com/altair-ai-studio

19 เดช ธรรมศิริ และ พยุง มีสัจ. การเรียนรู้แบบรวมกลุ่มด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเอดาบูทสำหรับการจำแนกข้อมูล. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2554; 7(2) :7-12. สืบค้น จาก https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/IT_Journal/article/view/54513

20 พชร ดอกชะเอม. แบบจำลองทำนายโรคหลอดเลือดสมองด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง [วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2566.

21 กฤตกนก ศรีพิมพ์สอ และ กิตติพล วิแสงวิแสง. การพยากรณ์โรคเบาหวานด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล. วารสารการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 2023; 10(1): 51-63. สืบค้น จาก https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/itm-journal/article/view/248575

22 ปพิชญา กลางนอก และ จารี ทองคำ. การประยุกต์ใช้เทคนิคแบบรวมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองตามกฎในเหมืองข้อมูล. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. 2562; 9(1): 97-108. สืบค้น จาก https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jitubru/article/view/183422

23 Allgaier J, Pryss R. Cross-validation visualized: a narrative guide to advanced methods. Mach Learn Knowl Extr. 2024; 6(2): 1378-88. doi: 10.3390/make6020065. Available from: https://www.mdpi.com/2504-4990/6/2/65

24 Kohavi R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In: Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence; 1995. p.1137-45.

25 Rodriguez JD, Perez A, Lozano JA. Sensitivity analysis of k-fold cross validation in prediction error estimation. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. 2010; 32(3): 569-75. doi: 10.1109/tpami.2009.187. Available from: https://www.researchgate.net/publication/224085226_Sensitivity_Analysis_of_k-Fold_Cross_Validation_in_Prediction_Error_Estimation

26 Varoquaux G, Raamana PR, Engemann DA, Hoyos-Idrobo A, Schwartz Y, Thirion B. Assessing and tuning brain decoders: cross-validation, caveats, and guidelines. NeuroImage. 2017; 145: 166-79.

บทความวิจัย (Research Article)

การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ “มูเตลู” ไหว้พระขอพร วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น

Design and Development of a 'Mutelu' Location Recommendation Application for Worshipping at Wat Thung Setthi in Khon Kaen Province

มัธยม อ่อนจันทร์[1*] บังอร พลมิตร[1] และ ศรารัตน์ วรรณแจ่ม[1]
Mathayom Onchan[1*], Bangorn Polmitr[1] and Sararat Wannaja[1]
[1]แผนกอุตสาหกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลันเทคนิคขอนแก่น สถาบันอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3
[1]Department of Digital and Information Technology, Khon Kaen Technical College, Institute of Vocational Education, Northeastern Region 3
Corresponding author email: Mathtara9999@gmail.com

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
25 กันยายน 2568	23 พฤศจิกายน 2568	24 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาข้อมูลสถานที่วัดทุ่งเศรษฐี จังหวัดขอนแก่น (2) วิเคราะห์แนวทางการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้งาน (UX) และการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (UI) (3) ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ "มูเตลู" ไหว้พระขอพร ณ วัดทุ่งเศรษฐี เพื่อตอบสนองพฤติกรรมการบริโภคของกลุ่ม "สายมูยุคใหม่" และนำไปสู่การพัฒนาบริการที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีดำเนินการวิจัย ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพผสมผสาน โดยมีกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงที่มาไหว้พระขอพร ณ วัดทุ่งเศรษฐี จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ การสำรวจและสังเกตพฤติกรรมในพื้นที่ การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และการทดสอบแอปพลิเคชันต้นแบบ การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันใช้ ทฤษฎีการออกแบบเว็บไซต์ (Web Design Theory) เป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้ โดยใช้โปรแกรม MIT App Inventor และ Adobe Illustrator ผลการวิจัย พบว่าผู้ใช้งานแอปพลิเคชันส่วนใหญ่เป็น เพศชาย (63.3%) และ ทำงานเอกชน (61.7%) โดยมีความต้องการหลักคือแอปพลิเคชันที่ให้ข้อมูลที่ครบถ้วน ถูกต้อง และน่าเชื่อถือเกี่ยวกับการ "มูเตลู" ณ วัดทุ่งเศรษฐี ผลการประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันโดยรวมอยู่ในระดับ "มาก" ($\bar{x}$= 4.51) โดยเฉพาะในด้าน ความถูกต้อง ($\bar{x}$= 4.55) และ ตรงตามวัตถุประสงค์ ($\bar{x}$ = 4.57) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุด งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันที่ตอบสนองพฤติกรรมของ "สายมูดิจิทัล" โดยการนำทฤษฎีการออกแบบเว็บไซต์มาประยุกต์ใช้ ทำให้แอปพลิเคชันมี ประสบการณ์ผู้ใช้ที่ดี (UX) คือใช้งานง่ายและตรงตามความต้องการ และมี ส่วนหน้า (UI) ที่สวยงามน่าใช้งาน ความสำเร็จนี้ยืนยันว่าการใช้หลักการออกแบบที่เป็นระบบสามารถส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และนำไปสู่การใช้งานที่ยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ: มูเตลู, แอปพลิเคชัน, การท่องเที่ยวเชิงศรัทธา, ประสบการณ์ผู้ใช้, เศรษฐกิจสายมู, สายมูดิจิทัล

Abstract

This research aims to (1) study information related to Wat Thung Setthi in Khon Kaen Province, (2) analyze design approaches for User Experience (UX) and User Interface (UI), and (3) design and develop a "Mutelu" location recommendation application for worshipping and making merit at Wat Thung Setthi. The purpose is to respond to the consumption behaviors of "New-Generation Mutelu Believers" and to support the efficient development of services that effectively meet the needs of the target users. A mixed-methods approach with a qualitative emphasis was employed. The purposive sample consisted of 60 individuals who visited Wat Thung Setthi for worship and blessings. Research tools included on-site surveys, behavioral observation, structured interviews, and prototype application testing. The application design and development were based on the principles of Web Design Theory and implemented using MIT App Inventor and Adobe Illustrator. The findings revealed that most application users were male (63.3%) and worked in the private sector (61.7%). Their primary need was an application that provided comprehensive, accurate, and reliable information about "Mutelu" practices at Wat Thung Setthi. The overall user satisfaction level was rated as "high" ($\bar{x}$ = 4.51), particularly in the aspects of "accuracy" ($\bar{x}$ = 4.55) and "alignment with objectives" ($\bar{x}$= 4.57), which received the highest mean scores. This study successfully designed and developed an application that aligns with the behaviors of digital "Mutelu" believers by applying Web Design Theory. The resulting application demonstrated a strong User Experience (UX)—being easy to use and meeting user expectations—and an appealing User Interface (UI). The results confirm that applying systematic design principles can directly enhance user satisfaction and promote sustainable application use in the future.

Keywords: Mutelu, Application Design, Faith-based Tourism, UX, Mutelu economy, Digital Mutelu

บทนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบันที่ประเทศไทยกำลังเผชิญกับความท้าทายทางเศรษฐกิจ ผู้คนจำนวนมากต่างพยายามปรับตัวและหาที่พึ่งทางใจ ซึ่ง "ความเชื่อในสิ่งศักดิ์สิทธิ์" ได้กลายเป็นรากฐานสำคัญและเป็นที่พึ่งให้กับคนไทยทุกเพศทุกวัยมาอย่างลยาวนาน [1, 2, 3] ความเชื่อนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ "มูเตลู" ซึ่งมาจากภาพยนตร์สยองขวัญ/ไสยศาสตร์คลาสสิกของอินโดนีเซียเรื่อง *"Penangkal Ilmu Teluh (1979)"* [4] โดยคนไทยนำคำนี้มาใช้เรียกกิจกรรมนอกเหนือจากความเชื่อทางศาสนาหลักที่เชื่อว่าจะนำมาซึ่งความเป็นสิริมงคล เช่น การดูดวง การบูชาเครื่องรางของขลัง และการเดินทางไปขอพรตามสถานที่ศักดิ์สิทธิ์ [1] ผู้ที่เชื่อในมูเตลูเชื่อว่าการกระทำเหล่านี้จะช่วยให้ความปรารถนาด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการเงิน ความรัก หรืออำนาจ เป็นจริงได้ แม้จะเป็นความเชื่อที่ไม่อาจหาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่ก็เป็นสิ่งที่ผู้คนยึดถือเพื่อเป็นที่พึ่งทางใจ [5]

การที่ความเชื่อในมูเตลูยังคงเป็นที่นิยมและขยายไปสู่กลุ่มคนทุกช่วงวัยและทุกชนชั้นในสังคม สะท้อนให้เห็นถึงความไม่มั่นคงในชีวิตและจิตใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากความเหลื่อมล้ำในสังคมไทยที่พุ่งสูงในหลายด้าน เช่น การศึกษา สภาพแวดล้อม และเศรษฐกิจ [5] ความไม่มั่นคงนี้ส่งผลให้คนรู้สึกไร้ที่ยึดเหนี่ยวและขาดความมั่นใจ ทำให้หันมาให้ค่าการมูเตลูเพื่อใช้เป็นเครื่องยึดเหนี่ยวในการต่อสู้กับสังคมที่ไม่เป็นธรรมและไร้ความเท่าเทียม [5] การศึกษาที่ใช้ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TRB) มาอธิบายพฤติกรรมนี้สรุปว่ารากฐานที่แท้จริงของพฤติกรรมมูเตลูคือ "ความ

เชื่อ” ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการปลูกฝังคุณธรรมและจริยธรรมเพื่อพัฒนาปัญญาให้เกิดความเชื่ออย่างมีเหตุผล หรือ “พุทธิจริต” [6]

ความเชื่อในมูเตลูไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่กิจกรรมทางศาสนาหรือไสยศาสตร์เท่านั้น แต่ได้ขยายเข้าสู่ภาคธุรกิจจนก่อให้เกิด “เศรษฐกิจสายมู” ซึ่งมีเงินสะพัดจำนวนมหาศาล [7, 8] ธุรกิจต่าง ๆ ได้นำความเชื่อนี้มาใช้เป็นกลยุทธ์ทางการตลาดที่เรียกว่า “Muketing” [7], [9, 10] โดยผลิตสินค้าและบริการด้านความเชื่อ เช่น เครื่องประดับเสริมดวง วอลเปเปอร์มงคล หรือบริการทัวร์ไหว้พระ [7], [11, 12, 13] งานวิจัยคาดการณ์ว่าในปี 2567 ธุรกิจความเชื่อสายมูจะเป็นธุรกิจที่มาแรงในประเทศไทยและจะมีเงินสะพัดสูงถึง 10,000-15,000 ล้านบาท [7] ปัจจัยสนับสนุนมาจากการที่คนมีความเชื่อในศาสตร์เร้นลับ และมีความกังวลต่อความไม่แน่นอนของสถานการณ์เศรษฐกิจและปัญหาต่าง ๆ ทำให้คนหันมาให้ความสำคัญกับเรื่องเหล่านี้มากขึ้น [8]

แม้โลกจะก้าวเข้าสู่ยุคดิจิทัลแล้ว แต่ความเชื่อนี้ก็ยังคงอยู่และปรับตัวไปตามยุคสมัย เกิดเป็นกลุ่ม “สายมูดิจิทัล” ที่ผสานความเชื่อเข้ากับเทคโนโลยี เช่น การดูดวงออนไลน์ หรือการซื้อวัตถุมงคลผ่านอีคอมเมิร์ซ [7, 14] การเติบโตของความเชื่อนี้ยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญผ่าน การท่องเที่ยวเชิงศรัทธา ที่มีแนวโน้มการเติบโตอย่างต่อเนื่องในระดับโลก [4, 15, 16, 17] สำหรับในประเทศไทย วัดทุ่งเศรษฐี จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นสถานที่ศักดิ์สิทธิ์ที่เชื่อว่าเป็นจุดบรรจบกันของสามโลก [18] เป็นตัวอย่างสำคัญที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวเชิงศรัทธา โดยนักท่องเที่ยวให้ความสำคัญกับสถานที่ที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักมากที่สุด [19] ด้วยความเชื่อและองค์ประกอบทางศิลปะที่แฝงด้วยปริศนาธรรม วัดทุ่งเศรษฐีจึงเป็นสถานที่สำคัญสำหรับผู้ที่ต้องการแสวงหาที่พึ่งทางใจ [18]

ด้วยเหตุผลข้างต้น การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาและออกแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ “มูเตลู” วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น เพื่อตอบสนองพฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มสายมูยุคใหม่และนำไปสู่การพัฒนาแอปพลิเคชันและบริการที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการรับรู้คุณค่า และการตัดสินใจท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวสายมูเตลู โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1. เพื่อศึกษาข้อมูลสถานที่วัดทุ่งเศรษฐี
2. เพื่อวิเคราะห์แนวทางการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้งาน (UX) และการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (UI)
3. เพื่อออกแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ไหว้พระขอพรวัดทุ่งเศรษฐีอย่างละเอียดแก่ผู้ใช้

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ "มูเตลู" ณ วัดทุ่งเศรษฐี จังหวัดขอนแก่น ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยนี้กำหนดขนาดของตัวอย่างโดยโดยใช้ตาราง Krejcie และ Morgan จำนวน 60 คน มุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมายที่มาไหว้พระขอพร ณ วัดทุ่งเศรษฐี เพื่อทำการสำรวจและทดสอบการใช้งาน โดยเลือกแบบเจาะจง

2. เครื่องมือและวิธีการวิจัย ผู้วิจัยใช้เครื่องมือและวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพผสมผสาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมดังนี้

- การสำรวจ (Surveys) ลงพื้นที่ ณ วัดทุ่งเศรษฐี เพื่อสำรวจสถานที่จริง และสังเกตพฤติกรรมของผู้มาเยือนในพื้นที่ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างผู้เกี่ยวข้อง
- การสังเกต (Observation): สังเกตพฤติกรรมของผู้ใช้งานในขณะที่ทดลองแอปพลิเคชันต้นแบบ เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความต้องการใช้งานโดยใช้แบบสังเกตแบบมีโครงสร้างผู้เกี่ยวข้อง
- การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง (Interviews): สุ่มสัมภาษณ์ตัวแทนจากกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน เพื่อเก็บข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความคิดเห็นด้านความง่ายในการใช้งาน ความสวยงาม และการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างผู้เกี่ยวข้อง

3. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยการทบทวนวรรณกรรมและการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การออกแบบแอปพลิเคชัน

- ทบทวนวรรณกรรม (Literature Review): รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่:
    - ข้อมูลสถานที่ศักดิ์สิทธิ์: ครอบคลุมข้อมูลทั่วไป (เช่น ประวัติ, เวลาเปิด-ปิด, ที่จอดรถ), วิธีการไหว้ (ขั้นตอน, บทสวด), พิธีกรรม (เคล็ดลับการขอพร, วิธีการแก้บน), และข้อปฏิบัติ (การแต่งกาย, ข้อห้าม)
    - ข้อมูลการเดินทาง: ศึกษาเส้นทางการเดินทางด้วยยานพาหนะต่าง ๆ ที่ได้รับความนิยมในจังหวัดขอนแก่น โดยเฉพาะรถยนต์
- ทฤษฎีและแนวคิด (Theories and Concepts) ศึกษาทฤษฎีการออกแบบเว็บไซต์ (Web Design Theory) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชันให้มีประสิทธิภาพ

4. การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาจะดำเนินการดังนี้:

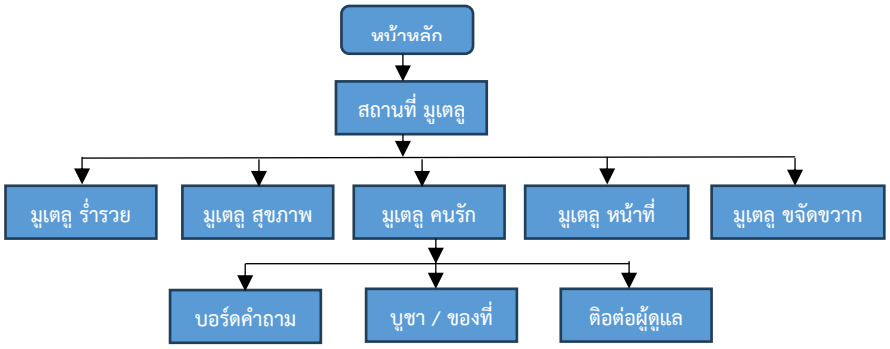
- เครื่องมือที่ใช้:
    - MIT App Inventor: ใช้สำหรับออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันเบื้องต้น เนื่องจากใช้งานง่ายและมีเครื่องมือที่ครบครัน
    - Adobe Illustrator: ใช้ในการออกแบบกราฟิก เช่น โลโก้, ไอคอน และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ช่วยเสริมภาพลักษณ์ของแอปพลิเคชัน
- การออกแบบเนื้อหา (Content Design): จัดเรียงข้อมูลให้เป็นระเบียบและออกแบบฟังก์ชันการใช้งานบนแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวก
- การสร้างแอปพลิเคชัน (Application Development): พัฒนาแอปพลิเคชันต้นแบบสำหรับแนะนำสถานที่และเส้นทางไปยังสถานที่ศักดิ์สิทธิ์ต่าง ๆ ภายในวัดทุ่งเศรษฐี โดยใช้ ทฤษฎีการออกแบบเว็บไซต์ (Web Design Theory)

การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

เริ่มต้นด้วยการลงพื้นที่เพื่อสำรวจและสังเกตพฤติกรรมการ "มูเตลู" และการขอพร ณ สถานที่จริง เพื่อทำความเข้าใจถึงความต้องการและปัญหาของผู้ใช้งาน จากการวิจัยเชิงสำรวจและสัมภาษณ์ผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมาย (ผู้ที่สนใจการท่องเที่ยวเชิงมูเตลูในพื้นที่) พบว่า ความต้องการหลัก ผู้ใช้ต้องการแอปพลิเคชันที่ให้ข้อมูลที่ครบถ้วนและถูกต้องเกี่ยวกับสถานที่มงคลภายในวัดทุ่งเศรษฐี รวมถึงประวัติความเป็นมา, สิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่ประดิษฐานอยู่, และวิธีการบูชาที่ถูกต้อง ความท้าทายในการใช้งานผู้ใช้จำนวนมากรู้สึกว่าการค้นหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เป็นเรื่องที่ยุ่งยากและไม่น่าเชื่อถือ และไม่มีแหล่งข้อมูลที่รวบรวมไว้เป็นระบบในแอปพลิเคชันเดียว การออกแบบที่คาดหวัง ผู้ใช้ให้ความสำคัญกับ การออกแบบส่วนหน้า

(UI) ที่สวยงาม สะอาดตา และ ใช้งานง่าย (UX) โดยเฉพาะการนำทางที่ชัดเจน การใช้ภาพประกอบที่ดึงดูด และเนื้อหาที่จัดลำดับความสำคัญได้ดี

1. การวางแผนและโครงสร้าง นำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนผังการไหลของข้อมูล (Flowchart) เพื่อออกแบบการแสดงผลเนื้อหาให้เป็นระบบ โดยจะเน้นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการไหว้พระขอพร ได้แก่ ข้อมูลสถานที่สำคัญภายในวัด, วิธีการเดินทางไปยังจุดต่าง ๆ



ภาพที่ 1 การออกแบบผังโครงสร้าง

2. การออกแบบให้ตอบสนอง (Responsive Design) การออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้านั้นตรงกับงานวิจัยของ การศึกษาของ อภิไทย แกวจรัส,ชลิดา ช่วยสุข, จิราภรณ พรหมเทพ และอัจฉริยา ทุมพาณิชย ศึกษาเรื่องพฤติกรรมของ นักทองเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาทองเที่ยวในแหล่งทองเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนมีวัตถุประสงคเพื่อชมโบราณสถาน และโบราณวัตถุ และ สวนใหญ่รูจักแหล่งทองเที่ยวในชุมชนจากสื่อเฟสบุค (Facebook) [12] สุรพร อ่อนพุทธา ,วิญญู ปรอยกระโทก,วรางกูร อิศรางกูร ณ อยุธยา, สัจจากาจ จอมโนนเขวา ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพการบริการของวัดสายมูเตลู ส่งผลต่อการตัดสินใจเดินทาง มาไหว้ขอพรของนักท่องเที่ยวสายมูเตลูเจนซี ผ่านตัวแปรการรับรู้คุณค่าทางด้านการบริการมูเตลู พบว่า มีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริการของวัดสายมูเตลูและการตัดสินใจ เดินทางมาไหว้ขอพรสิ่งศักดิ์สิทธิ [13]

3. องค์ประกอบด้านภาพลักษณ์

การใช้สี สีฟ้า PANTONE 12-4611 TCX Saltwater Slide สีขาว PANTONE 11-0601 TCX Bright White เป็นสีของ กระเบื้อง

ฟอนต์ ใช้ฟอนต์ที่อ่านง่าย TH SarabunPSK

ความสอดคล้อง หน้า Main หลัก ออกแบบภาษาไทยตัวใหญ่ มูเตลู และมีรูปโบทย์วัดทุ่งเศรษฐี

ภาพที่ 3 PANTONE 11-0601 TCX Bright White และ PANTONE 12-4611 TCX Saltwater Slide

https://www.pantone.com/?srsltid=AfmBOoo0FzXl_L41THvCs3AlNuw-gqzL-fKXrFSYOwrH4QV1H96F7f-N

การสร้างแบรนด์ ทุ่งเศรษฐีเป็นวัดที่มีชื่อเสียง และนิยมในการมาขอพร การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ “มูเตลู” ไหว้พระขอพร วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น เป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในองค์กร สร้างภาพลักษณ์ และการสืบค้นเพื่อให้ กลุ่มลูกค้าเข้าถึงข้อมูลได้เป็นอย่างดี

การทดสอบ (User Testing): นำแอปพลิเคชันต้นแบบไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย รวม 60 คน เพื่อประเมินผลและปรับปรุงแอปพลิเคชันให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของประชากรนักท่องเที่ยวด้านเพศสภาพ วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น

ข้อมูลทั่วไป (เพศ)	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	38	63.3
หญิง	22	36.7
รวม	60	100

ตารางที่ 2 ข้อมูลส่วนบุคคลของประชากรนักท่องเที่ยวด้านอาชีพ วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น

ข้อมูลทั่วไป (อาชีพ)	จำนวน	ร้อยละ
เจ้าของกิจการ	14	23.3
ทำงานเอกชน	37	61.7
รับราชการ	9	15
รวม	60	100

ตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่”มูเตลู”ไหว้พระขอพร วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น ของประชากร นักท่องเที่ยวและบุคคลทั่วไป

ความพึงพอใจ	$\bar{x}$	SD	ระดับความคิดเห็น
ความงาม	4.48	0.62	มาก
ใช้งานง่าย	4.50	0.59	มาก
การค้นหาข้อมูล	4.48	0.67	มาก
ตรงความต้องการ	4.50	0.65	มาก
มีความถูกต้อง	4.55	0.62	มาก
ตรงตามวัตถุประสงค์	4.57	0.59	มาก
เฉลี่ย	4.51	0.62	มาก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

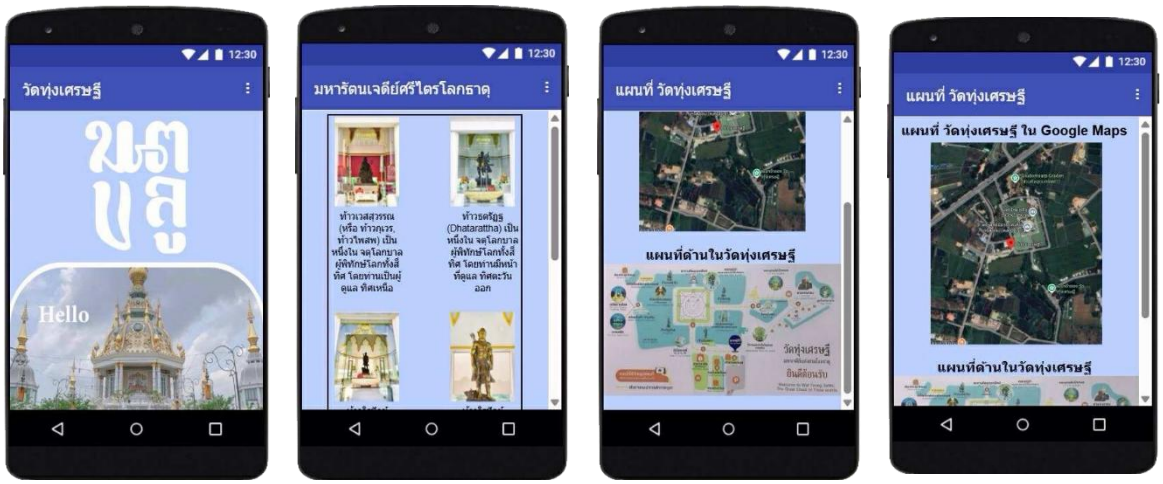
ในการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (UX) สำหรับแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลสถานที่วัดทุ่งเศรษฐี วัดทุ่งเศรษฐี มี มหารัตนเจดีย์ศรีไตรโลกธาตุ ตั้งอยู่ ตำบล พระลับ อำเภอเมืองขอนแก่น ขอนแก่น 40000 มหารัตนเจดีย์ศรีไตรโลกธาตุซึ่งสร้างตามคติไตรภูมิที่จำลอง บาดาล โลกและสวรรค์ไว้ที่นี้ เพื่อเป็นพุทธบูชาและที่ระลึกถึงองค์เจดีย์สำคัญทั้งสามโลก คือ เจดีย์จุฬามณีบนสวรรค์ชั้นดาวดึงส์ นารเจดีย์ในนาคพิภพ และมหารัตนเจดีย์ศรีไตรโลกธาตุนี้บนโลกมนุษย์นี้ เพื่อให้คนที่มาจะได้สักการะเจดีย์ทั้งสามโลกด้วย สิ่งสำคัญภายในวัด 1 มหารัตนเจดีย์ศรีไตรโลกธาตุ 2 มณฑปองค์ปฐม 3 สวนนรก 4 รูปปั้นพญานาค เป็นการเก็บข้อมูลแบบสำรวจพื้นที่ กระบวนการมูเตลูแต่ละที่ ผลการมูเตลูจะได้อย่างไร เช่น ด้านการเงิน ด้านความรัก

2. วิเคราะห์แนวทางการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้งาน (UX) และการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (UI) การออกแบบแอปพลิเคชันนี้ได้นำเอา ทฤษฎีการออกแบบเว็บไซต์ (Web Design Theory) มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาและความต้องการที่พบจากการวิจัย ดังนี้ การออกแบบเชิงประสบการณ์ผู้ใช้ (UX)

- ความสามารถในการนำทาง: โครงสร้างของแอปพลิเคชันถูกออกแบบให้ง่ายต่อการค้นหา โดยจัดเมนูหลัก (เช่น "สิ่งศักดิ์สิทธิ์", "ประวัติวัด", "เส้นทาง") ไว้ในตำแหน่งที่เข้าถึงง่าย ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้โดยไม่สับสน
- เนื้อหาที่มีประโยชน์: ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งศักดิ์สิทธิ์แต่ละองค์ถูกนำเสนออย่างละเอียด ทั้งเรื่องราว, คำอธิษฐาน, และวิธีการไหว้ที่ถูกต้อง เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในเรื่องความน่าเชื่อถือและประโยชน์ของข้อมูล

3. ออกแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ไหว้พระขอพรวัดทุ่งเศรษฐีอย่างละเอียดแก่ผู้ใช้**การออกแบบการใช้งาน (UX/UI)** การออกแบบส่วนหน้า (UI) การใช้สีและไทโปกราฟี เลือกใช้โทนสีที่ให้ความรู้สึกสงบและเป็นมงคล เช่น สีฟ้า, สีขาว โดยใช้ฟอนต์ที่อ่านง่ายและมีขนาดเหมาะสมสำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อให้ผู้ใช้รู้สึกสบายตาขณะใช้งาน วัดมีกระเบื้องโทนสีฟ้า ขาว จึงนำโทนสีฟ้าของกระเบื้อง เข้ามาออกแบบ



ภาพที่ 2 การออกแบบแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ “มูเตลู” ไหว้พระขอพร วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น ด้วยโปรแกรม MIT App Inventor

การจัดวาง (Layout) : ใช้หลักการจัดวางที่เรียบง่าย โดยมีพื้นที่ว่าง (Whitespace) เพียงพอ เพื่อให้องค์ประกอบต่าง ๆ ไม่แออัด และเน้นให้ภาพสิ่งศักดิ์สิทธิ์มีความโดดเด่น ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ที่ต้องการแอปพลิเคชันที่สวยงามและน่าใช้งาน

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ระดับความพึงพอใจโดยรวม (ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ = 4.51) ของกลุ่มตัวอย่างต่อแอปพลิเคชันอยู่ในระดับ "มาก" เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่าทุกองค์ประกอบได้รับการประเมินอยู่ในระดับ "มาก" เช่นกัน โดยเฉพาะในด้าน "ความถูกต้อง" ($\bar{x}$ = 4.55) และ "ตรงตามวัตถุประสงค์" ($\bar{x}$ = 4.57) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาของแอปพลิเคชันมีความน่าเชื่อถือและตอบโจทย์เป้าหมายหลักของการออกแบบได้อย่างดีเยี่ยม

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการออกแบบและพัฒนา แอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ "มูเตลู" ไหว้พระขอพร วัดทุ่งเศรษฐี จังหวัดขอนแก่น โดยอาศัยการประยุกต์ใช้ ทฤษฎีการออกแบบเว็บไซต์ (Web Design Theory) อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้แอปพลิเคชันได้รับความพึงพอใจในระดับสูงจากผู้ใช้งานในทุกมิติที่สำคัญ ดังนี้ 1 ด้านการออกแบบเชิงประสบการณ์ผู้ใช้ (UX): แอปพลิเคชันมีคุณสมบัติเด่นคือ ใช้งานง่าย และ ตรงตามความต้องการ ของผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและไม่ซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลักของการออกแบบที่เน้นความสะดวกและประโยชน์สูงสุด 2 ด้านการออกแบบส่วนหน้า (UI): ผลการประเมินด้าน ความงาม.ใช้งานง่าย,การค้นหาข้อมูล,ตรงกับความต้องการ,มีความถูกต้องและตรงตามวัตถุประสงค์ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ "มูเตลู" วัดทุ่งเศรษฐี ในจังหวัดขอนแก่น ของกลุ่มประชากรนักท่องเที่ยวและบุคคลทั่วไป **อยู่ในระดับ "มาก"** โดยมีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x}$) เท่ากับ **4.51** และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (SD) เท่ากับ **0.62 ด้านที่พึงพอใจสูงสุด:** ด้านที่ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมากที่สุดคือ **"ตรงตามวัตถุประสงค์"** โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) อยู่ที่ **4.57 ด้านมีความถูกต้อง** ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) อยู่ที่ 4.55 **ด้านตรงความต้องการและด้านใช้งานง่าย**ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) อยู่ที่ 4.50 และด้านความงาม กับด้านการค้นหาข้อมูล ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) อยู่ที่ 4.48 **ความพึงพอใจโดยรวมสูง:** ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันโดยรวมในระดับสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ **4.51**ข้อค้นพบที่สำคัญจากค่า SD **ความคิดเห็นมีความสอดคล้องสูง:** ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยรวมอยู่ที่ **0.62** ซึ่งถือว่าต่ำ แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของผู้ใช้งานต่อแอปพลิเคชันมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันในระดับที่สูง **ด้านที่ความคิดเห็นใกล้เคียงกันที่สุด:** ด้าน **"ตรงตามวัตถุประสงค์"** และ **"ใช้งานง่าย"** มีค่า SD ต่ำที่สุด (0.59) บ่งชี้ว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันมากที่สุดในประเด็นเหล่านี้ **ด้านที่ความคิดเห็นหลากหลายที่สุด:** ด้าน **"การค้นหาข้อมูล"** มีค่า SD สูงที่สุด (0.67) แม้ว่าจะยังถือว่าต่ำโดยรวม แต่เป็นด้านที่แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของความคิดเห็นของผู้ใช้งานมากที่สุด เมื่อเทียบกับด้านอื่นๆ สรุปได้ว่า แอปพลิเคชันได้รับความพึงพอใจในระดับสูงอย่างสม่ำเสมอในทุกด้าน และผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งบ่งชี้ว่าข้อมูลที่นำเสนอในแอปพลิเคชันมีความแม่นยำและตอบโจทย์ความต้องการเชิงลึกของผู้ใช้งานได้อย่างแท้จริง ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกไว้วางใจในแอปพลิเคชัน ความสำเร็จนี้เป็นผลมาจากการผสานหลักการออกแบบที่เป็นสากลเข้ากับความต้องการเฉพาะของกลุ่ม "สายมูดิจิทัล" ได้อย่างลงตัว

โดยสรุปแล้ว ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานแอปพลิเคชันส่วนใหญ่เป็นผู้ชายและมีอาชีพในภาคเอกชนมากที่สุด (อ้างอิงจากตารางที่ 1) งานวิจัยนี้ยืนยันว่าการนำ ทฤษฎีการออกแบบเว็บไซต์มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาแอปพลิเคชันมีความสำคัญอย่างยิ่งและสามารถส่งผลโดยตรงต่อ ความสำเร็จและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ในระดับสูง ความสำเร็จดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของแอปพลิเคชันในการตอบสนองต่อพฤติกรรมของกลุ่ม "สายมูดิจิทัล" ซึ่งเป็นกลุ่มที่ผสมผสานความเชื่อเข้ากับเทคโนโลยีได้อย่างลงตัว

ข้อเสนอแนะ (Suggestions)

จากผลการวิจัยที่ประสบความสำเร็จในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ "มูเตลู" ณ วัดทุ่งเศรษฐี จังหวัดขอนแก่น โดยมีระดับความพึงพอใจสูงมากจากผู้ใช้งาน โดยเฉพาะด้านความถูกต้องและการใช้งานง่าย มีข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันต่อไปสำหรับการต่อยอดและพัฒนาในอนาคต ดังนี้

1. เพิ่มฟังก์ชันการโต้ตอบและส่วนบุคคล (Personalization):

- เพิ่มฟังก์ชัน "ปฏิทินมงคล" สำหรับแจ้งเตือนวันสำคัญ วันฤกษ์ดี หรือวันเกิดสิ่งศักดิ์สิทธิ์

2. บูรณาการเทคโนโลยีขั้นสูง:

- พัฒนาฟังก์ชัน แผนที่นำทางแบบเรียลไทม์ (In-App Navigation) ที่ละเอียดภายในพื้นที่วัด เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางไปยังจุดสำคัญต่าง ๆ
- พิจารณาการใช้เทคโนโลยี Augmented Reality (AR) ในการแสดงข้อมูลสิ่งศักดิ์สิทธิ์หรือประวัติวัด เมื่อผู้ใช้ส่องกล้องไปยังสถานที่จริง เพื่อสร้างประสบการณ์ที่น่าสนใจยิ่งขึ้นสำหรับกลุ่ม "สายมูดิจิทัล"

เอกสารอ้างอิง

1 อธิป จันทร์สุริย์. HOTEL + HOSPITAL = HOSPITEL: กลยุทธ์การปรับตัวของธุรกิจโรงแรมภายใต้สถานการณ์โรคระบาด COVID-19. วารสารศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ. กรกฎาคม - ธันวาคม 2564 ; 8(2) :114-31. DOI: 10.58837/CHULA.THE.2021.515. https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/jfam/article/view/4754/2252

2 นายถนอม บุษบางาม. การเปลี่ยนแปลงความเชื่อทางศาสนาในกลุ่มเยาวชนคนรุ่นใหม่ของประเทศไทย. วารสารสหวิทยาการมนุษยศาสตร์ศึกษา. 2568 ; 1(1) : 39-49. https://so09.tci-thaijo.org/index.php/interjo/article/download/6031/3774/30751

3 นฤพนธ์ ด้วงวิเศษ. แนวคิดมานุษยวิทยากับการศึกษาความเชื่อสิ่งศักดิ์สิทธิ์ในสังคมไทย. วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. มกราคม - เมษายน 2560 ; 25(47) : 173-97. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/husojournal/article/view/76724/61652

4 Future Market Insights. Faith-based Tourism Market Outlook from 2024 to 2034. 2024. [เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://www.futuremarketinsights.com/reports/faith-based-tourism-sector-overview

5 วรดา ชาติจิรกาล. ‘มูเตลู’ คำสะท้อนปัญหาของสังคมไทย. Varasarn Press. 14 ธันวาคม 2565. [เข้าถึงเมื่อ 29 ตุลาคม 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://www.varasarnpress.co/archives/3393

6 เทวิกา ประดิษฐบาทุกา, ฐิติวัสส์ สุขป้อม, ณัฏฐกรณ์ ปะพาน, กฤตย์ชนนท์ ตั้งศิลสัตย์. การมูเตลูในสังคมไทย : มุมมองทางพฤติกรรมศาสตร์. Journal of Chandrakasemsarn. 2567 กรกฎาคม - ธันวาคม ; 30(2) : A31-46. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/crujournal/article/view/263657/179387

7 วิจัยกรุงศรี. มูเตลู ผู้บริโภคไทยกับธุรกิจแห่งศรัทธา. 2567 ธ.ค. 18. [เข้าถึงเมื่อ 29 ตุลาคม 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/Muteluh-2024

8 กรุงเทพธุรกิจ. “ธุรกิจสายมู” สุดปัง จัดตั้งใหม่เพิ่มทุกปี. 6 เมษายน 2567. [เข้าถึงเมื่อ 29 ต.ค. 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://www.bangkokbiznews.com/business/economic/1121072

9 ศุภจิรา ศรีมีธรรม, รัตนวดี เศรษฐจิตร. กลยุทธ์การสื่อสารการตลาดด้วยความเชื่อมูเตลูในยุคดิจิทัล. วารสารนวัตกรรมสื่อและการสื่อสาร. มกราคม - มิถุนายน 2566 ; 2(1). DOI: https://doi.org/10.60101/jimc2023.705

10 สุริยะ หาญพิชัย. เศรษฐศาสตร์มูเตลู ธุรกิจบนฐานความเชื่อกับการสร้างมูลค่าให้เศรษฐกิจไทย. วารสารการบริหารการจัดการและการพัฒนาที่ยั่งยืน. 2568 ; 3(1). https://so15.tci-thaijo.org/index.php/jamsd/article/view/1446/886

11 พรรณปพร จันทร์ฉาย, อนามัย ดำเนตร. การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์กับการมูเตลูในประเทศไทย. วารสารวิชาการวิทยาลัยสันตพล. กรกฎาคม - ธันวาคม 2567 ;10(2) : 177-85. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/scaj/article/view/270444/182838

12 พัทธนันท์ อธิตัง, เตชิตา สุทธิรักษ์, กุลวดี จันทร์วิเชียร, วิสุตร์ เพชรรัตน์, วราพร กาญจนคลอด. การท่องเที่ยวสายมูเตลู : วัดเจดีย์ (ไอ้ไข่) จังหวัดนครศรีธรรมราช. Journal of Management Science Nakhon Pathom Rajabhat University. 2024 มกราคม - มิถุนายน ; 11(1) : 244-53. DOI: https://doi.org/10.14456/jmsnpru.2024.18. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMSNPRU/article/view/279366/184228

13 อภิไทย แกวจรัส, ชลิดา ชวยสุข, จิราภรณ พรหมเทพ, อัจฉริยา ทุมพาณิชย. การศึกษาพฤติกรรมนักทองเที่ยวชาวไทยที่มีต่อการท่องเที่ยวมูเตลูของจังหวัดนครพนม. Management Sciences Valaya Alongkorn Review. 2567 กันยายน - ธันวาคม ; 5(3) :1-16. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/MSVAR/article/view/280363/186512

14 วรรณภา นิ่มอ่อน. มูเตลู: ปรากฏการณ์ทางวัฒนธรรมกับการสื่อสารธุรกิจความเชื่อในยุคดิจิทัลสู่ Soft Power ไทย. วารสารนิเทศศาสตร์ มสธ. มกราคม – มิถุนายน 2568 ; 15(1) : 74-88. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JOCASTOU/article/view/280125/185652

15 สุรพร อ่อนพุทธา, วิญู ปรอยกระโทก, วรางกูร อิศรางกูร ณ อยุธยา, สัจจากาจ จอมโนนเขวา. คุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการรับรู้คุณค่าและการตัดสินใจ ท่องเที่ยว นักท่องเที่ยวเจนซีสายมูเตลู. วารสารบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม. 2566 มีนาคม – กรกฎาคม ; 24(1) : 75-95. https://so07.tci-thaijo.org/index.php/sujba/article/view/1768/1688

16 กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. วัดทุ่งเศรษฐี. 2564. [เข้าถึงเมื่อ 12 มกราคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://thailandtourismdirectory.go.th/th/attraction/22130

17 ขนิษฐา ทองเชื้อ, ดาริกาญจน์ วิชาเดช และ วัชโรบล โกศลวิทยานันต์. พฤติกรรมนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยววัดทุ่งเศรษฐีช่วงสถานการณ์โควิด-19 (COVID-19) จังหวัดขอนแก่น. ใน: การประชุมวิชาการและนำเสนองานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 9 และระดับนานาชาติครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ; 2565. หน้า 1029-38. https://idcneu.com/neunic22/file_article/be/neunic2022-be-18.pdf

บทความวิจัย (Research Article)

ผลของปลาซิวแก้วผง (*Clupeichthys aesarnensis*) ต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัส คุณภาพทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการของลูกชิ้นปลาสวาย

Effects of Thai river sprat (*Clupeichthys aesarnensis*) fish powder on the textural properties, sensory quality, consumer acceptance and nutritional value of striped catfish fish ball

จักรินทร์ ตรีอินทอง[1*] และ ปิยะฉัตร วิริยะอำไพวงศ์[2]
Jukkarin Treeinthong[1*] and Piyachat Wiriyaampaiwong[2]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[1]Department of Fishery Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University
[2]Department of Biotechnology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University
*Corresponding author: jukkarin.tr@ksu.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
19 กันยายน 2568	30 พฤศจิกายน 2568	1 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของปลาซิวแก้วผง (ร้อยละ 0, 1, 3, 5 และ 10 (w/w)) ต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัส คุณภาพทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการของลูกชิ้นปลาสวาย ผลการศึกษาพบว่า การเติมปลาซิวแก้วผงมีผลต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลปลาสวาย โดยการเติมปลาซิวแก้วผงทำให้ค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุ (ที่ระดับร้อยละ 1, 3 และ 10) ค่าความแข็งแรงเจล (ที่ระดับร้อยละ 1 และ 3) ความแข็ง (ที่ระดับร้อยละ 1, 3 และ 5) การสูญเสียน้ำหนัก (ที่ระดับร้อยละ 1, 3 และ 5) และความขาวของเจลปลาสวายลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม การเติมปลาซิวแก้วผงไม่ส่งผลต่อค่าระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุ การเกาะตัว และความยืดหยุ่นของเจลปลาสวาย ($p>0.05$) ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวาย พบว่า การเติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 มีคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($p>0.05$) แต่สูงกว่าการเติมที่ระดับร้อยละ 3, 5 และ 10 ($p<0.05$) จึงคัดเลือกลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการประเมินพบว่า ลูกชิ้นปลาสวายได้คะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 7.04) และมีการยอมรับจากผู้บริโภคคิดเป็นร้อยละ 91 ด้านคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า การเติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 ทำให้ลูกชิ้นปลาสวายมีปริมาณโปรตีน ไขมัน พลังงาน และแคลเซียมสูงกว่าลูกชิ้นปลาสวายตัวอย่างควบคุม ($p<0.05$) ดังนั้น การใช้ปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 1 ในลูกชิ้นปลาสวายจึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดทั้งในด้านการยอมรับของผู้บริโภคและคุณค่าทางโภชนาการ

คำสำคัญ: ลูกชิ้นปลาสวาย, ปลาซิวแก้วผง, สมบัติด้านเนื้อสัมผัส, การยอมรับของผู้บริโภค, คุณค่าทางโภชนาการ

Abstract

This study investigated the effects of Thai river sprat fish powder (TRS-FP) supplementation (0, 1, 3, 5, and 10% w/w) on the textural properties, sensory quality, consumer acceptance, and nutritional value of striped catfish fish balls. The results showed that the addition of TRS-FP influenced the textural properties of the fish gel. Specifically, supplementation at 1, 3, and 10% significantly reduced breaking force; at 1 and 3% reduced gel strength; at 1, 3, and 5% reduced hardness; at 1, 3, and 5% increased expressible water; and reduced whiteness of the gel compared with the control ($p < 0.05$). However, TRS-FP had no significant effect on breaking distance, cohesiveness, and springiness ($p > 0.05$). Sensory evaluation of the fish balls revealed that the 1% TRS-FP formulation obtained an overall liking score not significantly different from the control ($p > 0.05$), but significantly higher than the 3%, 5%, and 10% formulations ($p < 0.05$). Therefore, the 1% TRS-FP fish balls were selected for consumer acceptance testing with 100 consumers and for nutritional comparison with the control. The results showed that the product received an average overall liking score of 7.04 (moderately liked) with a consumer acceptance rate of 91%. Nutritional analysis indicated that the 1% TRS-FP fish balls contained significantly higher protein, fat, energy, and calcium compared with the control samples ($p < 0.05$). Therefore, incorporating 1% TRS-FP into striped catfish fish ball is considered the optimal condition in terms of both consumer acceptability and nutritional value.

Keywords: Striped catfish fish ball, Thai river sprat fish powder, textural properties, consumer acceptance, nutritional value

บทนำ

เนื้อสัมผัสเป็นสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ยืดหยุ่นจากปลา (fish jelly products) เช่น ลูกชิ้นปลา ไส้กรอกปลา และคามาโบโกะ (kamaboko) เป็นต้น เนื้อสัมผัสที่มีความเหนียวและยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์เหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงรูปของโมเลกุลโปรตีนในเนื้อปลาโดยเกลือร้อยละ 2-3 ไปละลายโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ทำให้เนื้อปลาบดมีความหนืดมากขึ้น เมื่อนำไปให้ความร้อน โมเลกุลโปรตีนเกิดการคลายตัว แล้วเกิดการรวมตัวกันอย่างช้า ๆ ด้วยพันธะชนิดต่าง ๆ เกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติที่สามารถจับน้ำหรือสารอื่น ๆ ที่มีโมเลกุลต่ำไว้ภายใน เรียกว่า เจลโปรตีน [1] ทั้งนี้คุณภาพของเจลโปรตีนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของโปรตีน สภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมกับชนิดปลา ความเข้มข้นของโปรตีน pH และความแรงไอออน [2] ชนิดของปลาที่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยืดหยุ่นจึงให้เนื้อสัมผัสที่มีลักษณะแตกต่างกัน ลูกชิ้นปลาเป็นผลิตภัณฑ์ยืดหยุ่นที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางเนื่องจากรับประทานง่าย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนใหญ่นิยมผลิตจากปลาทะเลมากกว่าปลาน้ำจืดเนื่องจากปลาทะเลมีเนื้อสีขาว ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่ดีกว่าปลาน้ำจืด ทั้งนี้เกิดจากโปรตีนจากปลาน้ำจืดมีความสามารถในการเกิดเจลอยู่ในระดับปานกลาง [3] จึงไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนจากปลาน้ำจืดด้วยหลากหลายวิธีการ เช่น การใช้ความดัน เอนไซม์ทรานส์กลูทามิเนส (transglutaminase enzyme) สารเติมแต่งอาหารที่เป็นโปรตีนและไม่ใช่โปรตีน การปรับปรุงขั้นตอนการเตรียมเนื้อปลาบด [4] ตัวยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอส [5] และไบโอแคลเซียมจากประดูกปลา [6] เป็นต้น การล้างเนื้อปลาบดเป็นขั้นตอนหนึ่งในการเตรียมเนื้อปลาบดซึ่งมีผลต่อความสามารถในการเกิดเจล โดยการล้างเนื้อปลาบดเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยขจัดโปรตีนซาร์โคพลาสมิก ไขมัน และสารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่งผลให้สัดส่วนของโปรตีนไมโอฟิบริลลาร์เพิ่มขึ้นและสามารถสร้างโครงข่ายเจลที่มีความแข็งแรง ยืดหยุ่น และมีคุณภาพด้านประสาทสัมผัสดีขึ้น อย่างไร

ก็ตาม การล้างในจำนวนรอบที่มากเกินไปอาจทำให้สูญเสียโปรตีนที่จำเป็นและลดคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้น จึงควรควบคุมสภาวะการล้างให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างคุณภาพเจลและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ [1, 4]

ปลาสวาย (*Pangasianodon hypophthalmus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ พบได้ทั้งในแหล่งน้ำธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยง ด้วยคุณสมบัติด้านโภชนาการที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันดี โดยเฉพาะไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า-3 (Omega-3) ซึ่งมี docosahexaenoic acid (DHA) ช่วยในบำรุงจอประสาทตาและเซลล์สมอง [7] อย่างไรก็ตาม ความนิยมในการบริโภคปลาสวายยังมีข้อจำกัดในผู้บริโภคบางกลุ่มเนื่องจากไม่ชอบกลิ่นของปลาและปริมาณไขมันที่สูง จังหวัดกาฬสินธุ์เป็นจังหวัดที่มีอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบกระชังและมีปริมาณการจับปลาจากธรรมชาติได้จำนวนมาก ปลาสวายเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีการจับได้ปริมาณมากจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว โดยลักษณะเด่นของปลาสวายที่จับได้จะมีไขมันต่ำ เนื้อสัมผัสแน่น และมีสีชมพูอ่อนอมส้มเล็กน้อย มีรสชาติดีเมื่อนำมาปรุงอาหาร ชาวประมงมักจำหน่ายปลาสวายสดให้พ่อค้าคนกลางเพื่อกระจายไปยังจังหวัดต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ราคาปลาสวายยังค่อนข้างต่ำ (20-25 บาทต่อกิโลกรัม) และยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าจากปลาสวายค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตาม ด้วยคุณค่าทางโภชนาการประกอบกับสมบัติด้านเนื้อสัมผัสที่ดีของปลาสวายซึ่งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกหนึ่งในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทยืดหยุ่นจากปลาและพบรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับเจลโปรตีนปลาสวายมาก่อนหน้านี้บ้าง เช่น จักรินทร์ ตรีอินทอง และคณะ [8] ได้รายงานสมบัติเจลโปรตีนของเนื้อปลาสวายบดที่ไม่ผ่านการล้างน้ำ (unwashed mince) มีลักษณะเจลโปรตีนที่อ่อนนุ่มและมีความยืดหยุ่นสูง โดยมีค่าความแข็งแรงเจลเท่ากับ 416 กรัม. เซนติเมตร และสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาสวายได้โดยมีการเติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 (w/w) เพื่อช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส [9] ทั้งนี้ การศึกษาการเติมสารเติมแต่งอาหารในลูกชิ้นปลาสวายเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการยังมีค่อนข้างน้อย

ปลาซิวแก้ว (*Clupeichthys aesarnensis*) มีชื่อสามัญว่า Thai river sprat เป็นปลาน้ำจืดที่มีมากในท้องถิ่น มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของโปรตีนและแคลเซียม โดยปลาซิวแก้วสดมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และเกลือร้อยละ 11.88-15.32, 10.00-10.47, 2.68-2.87, 81.69-83.71, และ 0.22-0.99 [10] ขณะที่ปลาซิวแก้วอบแห้ง 100 กรัม ให้พลังงานทั้งหมด 432.22 กิโลแคลอรี ไขมัน22.38 กรัม คอเลสเตอรอล 548.29 มิลลิกรัม โปรตีน57.40 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 0.30 กรัม เหล็ก 1.883 มิลลิกรัม ใยอาหาร 0.21 กรัม เถ้า 11.69 กรัม โซเดียม 252.139 มิลลิกรัม และแคลเซียม 1,941.17 มิลลิกรัม [11] ปลาซิวแก้วนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประมงหลายประเภท เช่น ปลาแห้ง ปลาเจ่า และน้ำปลา เป็นต้น สำหรับอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์นั้น พบว่า ปลาซิวแก้วเป็นสัตว์น้ำอันดับต้น ๆ ที่มีปริมาณการจับได้มาก ปัจจุบันมีการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลาซิวแก้วมากขึ้น เช่น ปลาซิวแก้วสามรสอบกรอบ [12] ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาซิวแก้วตากแห้ง [13] และผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาซิวแก้วตากแห้ง [14] เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ภัณฑ์ดังกล่าวส่วนใหญ่มีการใช้ปลาซิวแก้วในรูปแบบปลาสดและปลาแห้งมาเป็นองค์ประกอบหลักในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้แนวทางหนึ่งที่จะใช้ประโยชน์จากปลาซิวแก้วซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนและแคลเซียมสูงในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้นคือ การแปรรูปปลาซิวแก้วเป็นผงปลา โดยใช้เทคโนโลยีการทำแห้ง ซึ่งจะสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น สะดวกต่อการขนส่ง และง่ายต่อการนำมาใช้งานในผลิตภัณฑ์อาหาร ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการใช้ประโยชน์จากปลาซิวแก้วผงในฐานะสารเติมแต่งอาหารในลูกชิ้นปลาสวายเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและศึกษาผลของปลาซิวแก้วผงต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวาย ผลการศึกษาที่เกิดขึ้นจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการผลิตลูกชิ้นปลาสวายในเชิงพาณิชย์และเป็นเพิ่มการใช้ประโยชน์จากปลาซิวแก้วซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่น รวมทั้งเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมการใช้ปลาน้ำจืดเศรษฐกิจเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยืดหยุ่นจากปลาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของปลาซิวแก้วผงต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลปลาสวาย และศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวาย

2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงสูตรที่คัดเลือกได้

3. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางทางจุลชีววิทยาของลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงสูตรที่คัดเลือกได้เปรียบเทียบกับลูกชิ้นปลาสวายที่ไม่มีการเติมปลาซิวแก้วผง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมปลาซิวแก้วผง

นำปลาซิวแก้วสด ขนาด 12-15 กรัมต่อตัว ที่ซื้อจากชาวประมง บ้านท่าเรือภูสิงห์ ตำบลภูสิงห์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดจำนวน 2 ครั้ง เพื่อขจัดสิ่งสกปรกและเมือกปลา จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำเกลือร้อยละ 0.3 จำนวน 1 ครั้ง ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ เตรียมปลาซิวแก้วผงโดยดัดแปลงจากวิธีการของสิตาและคณะ [15] นำปลาซิวแก้วสดใส่ในภาชนะเติมน้ำสะอาดในอัตราส่วนปลาซิวแก้วสดต่อน้ำเท่ากับ 1:2 นำไปให้ความร้อนโดยการใช้หม้อนึ่งความดัน ยี่ห้อ Tomy รุ่น SX-500 ประเทศญี่ปุ่น ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นกรองแยกเนื้อปลาออกจากน้ำด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น โดยการบีบน้ำออกจากเนื้อปลาให้มากที่สุด นำเนื้อปลาซิวแก้วที่ผ่านการให้ความร้อนมาใส่ถาด ถาดละ 250 กรัม นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (รุ่น LT-93 ยี่ห้อ Lecon ประเทศจีน) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น จากนั้นบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh เก็บปลาซิวแก้วผงใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทเพื่อใช้ในการทดลอง โดยปลาซิวแก้วผงที่เตรียมได้มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 5.75, 75.56, 5.80, 10.03 และ 2.85 ตามลำดับ และมีปริมาณแคลเซียม 5,770 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์ตามวิธีการของ [16]

2. การเตรียมเนื้อปลาสวาย

เตรียมเนื้อปลาสวายบดตามวิธีการของ จักรินทร์ ตรีอินทอง และคณะ [9] โดยซื้อปลาสวายขนาด 5,000 – 7,000 กรัมต่อตัว ซึ่งเป็นปลาสวายธรรมชาติที่จับได้จากอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาบ้านท่าเรือภูสิงห์ ต.ภูสิงห์ อ.สหัสขันธ์ จ.กาฬสินธุ์ นำมาตัดหัว ควักไส้ และล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแล่เอาเฉพาะกล้ามเนื้อขาวไม่เอาหนังแล้วนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง หั่นเป็นชิ้นแล้วนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ รุ่น MR-1268 ยี่ห้อ Mara ประเทศไทย และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อมาใช้ในการศึกษาต่อไป

3. ศึกษาผลของปลาซิวแก้วผงต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสเจลปลาสวายและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวาย

เตรียมเจลของลูกชิ้นปลาตามวิธีการของ จักรินทร์ ตรีอินทอง และคณะ [9] โดยนำเนื้อปลาสวายบดปั่นผสมกับเกลือร้อยละ 3 (w/w) เป็นเวลา 6 นาที และปรับความชื้นด้วยน้ำแข็งบดโดยให้มีความชื้นสุดท้ายเป็นร้อยละ 80 แปรปริมาณปลาซิวแก้วผงที่เติมเป็นร้อยละ 0, 1, 3, 5 และ 10 ของน้ำหนักเนื้อปลาบด แบ่งเนื้อปลาที่บดผสมแล้วออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 นำไปบรรจุโลหะปลอดสนิมขนาด 25x25 มิลลิเมตร แล้วห่อด้วยแผ่นพลาสติกใสมัดหัวท้ายให้แน่น (เจลปลาสวาย) ขณะที่ส่วนที่ 2 นำไปขึ้นรูปเป็นลูกชิ้นปลา โดยการขึ้นรูปเป็นลูกชิ้นและเติมส่วนผสมอื่นเข้าไปปั่นผสมเพื่อเพิ่มรสชาติให้กับผู้ทดสอบชิม ได้แก่ น้ำตาลทรายร้อยละ 3.5 และพริกไทยป่นร้อยละ 1 ของน้ำหนักเนื้อปลา นำตัวอย่างส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และนำไปให้ความร้อนต่อที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 20

นาที (60/90°C) (อุณหภูมิความแปรปรวน ± 1 องศาเซลเซียส) แช่ในน้ำเย็นนาน 10 นาที และเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

4. การวิเคราะห์คุณภาพของเจลปลาสวายและลูกชิ้นปลาสวาย

4.1 การวัดค่าความแข็งแรงเจล (gel strength) นำเจลปลาสวายแต่ละตัวอย่างออกจากกระบอกโลหะปลอดสนิม นำไปวัดความแข็งแรงเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA-XT plus ยี่ห้อ Stable Micro Systems ประเทศอังกฤษ โดยใช้หัวกดแบบ spherical 5s ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร กดลงไปในตัวอย่างด้วยความเร็วคงที่ 1.1 มิลลิเมตร/วินาที เป็นระยะทาง 15 มิลลิเมตร วัดค่าของแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุ (breaking force) (กรัม) และระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุ (breaking distance) (มิลลิเมตร) แล้วคำนวณค่าความแข็งแรงเจล (กรัม.เซนติเมตร) จากแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุ คูณด้วยระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุ ทำทดสอบ 5 ซ้ำต่อตัวอย่าง [17]

4.2 การวัดโครงร่างทางเนื้อสัมผัส (texture profile analysis; TPA) นำเจลปลาสวายขนาด 25x25 มิลลิเมตรแต่ละตัวอย่างออกจากกระบอกโลหะปลอดสนิม วัด TPA ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA-XT plus ยี่ห้อ Stable Micro Systems ประเทศอังกฤษ โดยใช้หัวกดทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) กดลงไปในตัวอย่างเป็นระยะทางร้อยละ 60 ของความสูงในรูปแบบของการกดสองครั้ง ด้วยความเร็วคงที่ 2 มิลลิเมตร/วินาที วัดค่าความแข็ง (hardness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) และค่าการเกาะตัว (cohesiveness) ทำการทดสอบ 5 ซ้ำต่อตัวอย่าง [15]

4.3 การวัดค่าความขาว (whiteness) นำเจลปลาสวายแต่ละตัวอย่างออกจากกระบอกโลหะปลอดสนิมไปวัดค่า CIE L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสีรุ่น Ultra Scan PRO ยี่ห้อ Hunter Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 5 ซ้ำต่อตัวอย่าง แล้วนำไปคำนวณค่าความขาวตามสูตรของ [18] ดังนี้

$$\text{ความขาว} = 100-[(100-L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{0.5}$$

4.4 การวัดค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (% expressible water) ตัดตัวอย่างเจลปลาสวายให้มีขนาด 0.5 x 1.0 x 0.5 เซนติเมตร แล้ววางตัวอย่างระหว่างกระดาษกรอง Whatman No. 1 โดยวางกระดาษกรองด้านล่าง 3 ชิ้น ด้านบน 2 ชิ้น แล้วใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 5 กิโลกรัม กดทับเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนักโดยเครื่องทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วคำนวณค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักโดยใช้สูตร [15]

การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) = (น้ำหนักเจลโปรตีนก่อนทับ-น้ำหนักเจลโปรตีนหลังทับ)/น้ำหนักเจลโปรตีนก่อนทับ x 100

4.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วยวิธีทดสอบความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยคะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน (แบบไม่เจาะจง) ดำเนินการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยเตรียมตัวอย่างลูกชิ้นปลาสวายด้วยการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นบรรจุลูกชิ้นปลาสวายลงในถ้วยพลาสติกใสชนิดมีฝาปิด ถ้วยละ 1 ลูก ก่อนนำมาเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบเป็นรายบุคคล การทดสอบดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้วิจัยชี้แจงขั้นตอนและวิธีประเมินให้ผู้ทดสอบทราบก่อนเริ่มการทดสอบ จากนั้นจึงเสิร์ฟตัวอย่างลูกชิ้นปลาสวายทีละรหัสในลำดับที่สุ่ม เพื่อประเมินความชอบตามแบบประเมินคะแนนที่กำหนด

คัดเลือกสูตรลูกชิ้นปลาสวายจำนวน 1 สูตรสำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป โดยพิจารณาจากผลการทดสอบสมบัติด้านเนื้อสัมผัสและผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทั่วไป โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกเป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบรวมของลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงสูงที่สุด

5. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

ผลิตลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงตามสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 4 จำนวน 1 สูตร นำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน (แบบไม่เจาะจง) โดยสอบถามถึงทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ระดับความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale และการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

6. ศึกษาคุณภาพของลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผง

ผลิตลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงตามสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 4 จำนวน 1 สูตร นำไปวิเคราะห์คุณภาพโดยเปรียบเทียบกับลูกชิ้นปลาสวายสูตรควบคุม ดังนี้

6.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต [16]

6.2 ค่าความขาว

6.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด [20] ยีสต์และรา [21]

6.4 พลังงานทั้งหมดต่อ 100 กรัม โดยการคำนวณจากสูตร กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม = (ปริมาณโปรตีนของตัวอย่าง (กรัม) x 4) + (ปริมาณไขมันของตัวอย่าง (กรัม) x 9) + (ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (กรัม) x 4)

6.5 ปริมาณแคลเซียม ตามวิธี [16]

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ในการศึกษาสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผง และวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ในการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวาย วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) สำหรับการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค คำนวณเป็นค่าร้อยละในส่วนข้อมูลทั่วไป การยอมรับผลิตภัณฑ์ และการตัดสินใจซื้อ ในส่วนของเหตุผลในการซื้อ/ไม่ซื้อ คำนวณเป็นค่าร้อยละโดยร้อยละของเหตุผลแต่ละข้อคำนวณจากการนำจำนวนคำตอบของเหตุผลนั้นหารด้วยจำนวนคำตอบทั้งหมด แล้วคูณด้วย 100 ส่วนการทดสอบความชอบคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขณะที่คุณภาพของลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงเปรียบเทียบกับลูกชิ้นปลาสวายสูตรควบคุม เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของปลาซิวแก้วผงต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลปลาสวาย

การเติมปลาซิวแก้วผงส่งผลต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในด้านค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุ ความแข็งแรงเจล และค่าความแข็งของเจลปลาสวาย อย่างไรก็ตาม การเติมปลาซิวแก้วผงไม่ส่งผลต่อค่าระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุ ค่าการเกาะตัว และค่าความยืดหยุ่นของเจลปลาสวาย ($p>0.05$) ผลการทดสอบการวัดค่าความแข็งแรงเจล (Table 1) พบว่า ค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุของเจลปลาสวายตัวอย่างควบคุม (ร้อยละ 0) มีค่ามากที่สุด (247.56 ± 31.14 กรัม) ซึ่งสูงกว่าเจลปลาสวายที่มีการเติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1, 3 และ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม การเติมปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 5 มีค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุไม่แตกต่างจากเจลปลาสวายตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) ขณะที่ค่าระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุของเจลปลาสวายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ที่

ทุกระดับการเติมปลาซิวแก้วผง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 11.89 – 13.20 มิลลิเมตร สำหรับค่าความแข็งแรงเจล พบว่า มีแนวโน้มเหมือนกับค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุ โดยเจลปลาสวายตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมปลาซิวแก้วผง (ร้อยละ 0) มีค่าสูงสุด ขณะที่การเติมปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 1 และร้อยละ 3 ทำให้ค่าความแข็งแรงเจลของปลาสวายมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่การเติมปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 5 และร้อยละ 10 มีค่าความแข็งแรงเจลไม่แตกต่างจากเจลปลาสวายตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) สำหรับผลการวิเคราะห์ TPA ของเจลปลาสวาย (Table 2) พบว่า ค่าความแข็งของเจลปลาสวายตัวอย่างควบคุมมีค่าสูงสุด ขณะที่การเติมปลาซิวแก้วผงที่ระดับร้อยละ 1, 3 และ 5 ทำให้เจลปลาสวายมีค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่มีค่าความแข็งไม่แตกต่างจากเจลตัวอย่างควบคุมเมื่อเติมปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 10 ($p>0.05$) สำหรับค่าการเกาะตัวและความยืดหยุ่น พบว่า เจลปลาสวายที่มีการเติมปลาซิวแก้วผงทุกระดับความเข้มข้นมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยค่าการเกาะตัวมีค่าระหว่าง 0.788 – 0.819 และค่าความยืดหยุ่นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.674 – 0.751 ผลการทดสอบ TPA มีผลไปในทิศทางเดียวกับวิธีการวัดค่าความแข็งแรงเจล

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การเติมปลาซิวแก้วผงซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นโปรตีน (ร้อยละ 75.56) และมีธาตุแคลเซียมในปริมาณสูง (5,770 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) มีผลต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลปลาสวายแตกต่างกันตามระดับการเติม โดยการเติมปลาซิวแก้วผงทำให้เจลมีแนวโน้มค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุ ความแข็งแรงเจล และความแข็งลดลง ผลการทดลองที่ได้ตรงกันข้ามกับรายงานของ Somjit et al. [21] ที่รายงานการใช้ soy protein isolate (โปรตีนจากพืช) และผงจิ้งหรีด (cricket powder) (โปรตีนจากสัตว์) ในการปรับปรุงคุณภาพของเจลโปรตีนจากซูริมิปลา Indian mackerel ซึ่งเป็นปลาเนื้อดำ โดยโปรตีนทั้งสองประเภทช่วยปรับปรุงคุณลักษณะของเจลซูริมิปลาและมีศักยภาพในการเป็นส่วนผสมเชิงหน้าที่และเชิงโภชนาการในการผลิตซูริมิจากปลาเนื้อดำได้ ทั้งนี้ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากชนิดของโปรตีนและองค์ประกอบภายในของโปรตีนที่แตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบของโปรตีนมีผลต่อการเกิดพันธะชนิดต่าง ๆ ในการสร้างโครงข่ายเจลโปรตีน [2] และปริมาณของสารเติมแต่งประเภทโปรตีนที่เติมลงไปในเจลโปรตีนต้องมีความเหมาะสม จากผลการทดลองสามารถตั้งข้อสังเกตได้ว่า การเติมปลาซิวแก้วผงตั้งแต่ร้อยละ 1 ขึ้นไป มีผลต่อการลดลงของค่าความแข็งแรงเจลและค่าความแข็งของเจลปลาสวาย จากผลการทดลองที่ค่าความแข็งแรงเจลลดลงตั้งแต่การเติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตว่า การเติมปลาซิวแก้วผงในระดับที่ต่ำกว่าร้อยละ 1 (เช่น ร้อยละ 0.25 หรือ 0.50) จะส่งผลต่อสมบัติของเจลอย่างไร สำหรับการลดลงของค่าดังกล่าวของเจลปลาสวายอาจเนื่องจากอนุภาคปลาซิวแก้วผงทำหน้าที่เป็นสาร functional filler ภายในโครงข่ายโปรตีน ทำให้การเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลโปรตีนลดลง และโครงข่ายเจลถูกขัดขวางและขาดความสมบูรณ์ ส่งผลให้เจลมีความแข็งแรงน้อยลง [22, 23] ในขณะที่การเติมปลาซิวแก้วผงในระดับความเข้มข้นสูงขึ้น (ร้อยละ 10) พบว่า ค่าความแข็งแรงเจลและความแข็งใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นได้ว่าเกิดจากแคลเซียมและแร่ธาตุอื่น ๆ ในผงปลาซิวแก้วทำหน้าที่เป็น cross-linking agent ช่วยเสริมการเชื่อมโยงของโครงสร้างโปรตีน [24, 25] และอนุภาคปลาซิวแก้วผงซึ่งเป็นผงแห้งอาจดูดซับน้ำจากระบบเมทริกซ์เจล (matrix gel) ทำให้โครงข่ายโปรตีนรอบ ๆ อนุภาคมีความหนาแน่นมากขึ้น (matrix tightening) ส่งผลให้เจลมีความแข็งใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตาม การเติมปลาซิวแก้วผงในระดับร้อยละ 10 ส่งผลให้ค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุของเจลปลาสวายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p<0.05$) โดยค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุเป็นตัวบ่งชี้ความแข็งแรงของโครงข่ายเจลโปรตีนภายในผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การลดลงของค่าแรงดังกล่าวอาจเกิดจากการที่ปลาซิวแก้วผงในปริมาณสูงมีส่วนขัดขวางการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลโปรตีน ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญของการพัฒนาโครงข่ายเจล ทำให้โครงสร้างเจลที่ได้มีความแข็งแรงลดลง ในขณะที่ค่าความแข็งแรงเจลไม่พบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากค่าความแข็งแรงเจลเป็นค่าที่คำนวณจากผลคูณระหว่างแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุและระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุ ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนทั้งความต้านทานต่อแรงกดและระยะการเสียรูปของเจลก่อนที่โครงสร้างจะถูกทำลาย ด้วยเหตุนี้ แม้ค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุจะมีค่าลดลง

แต่ระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงเจลโดยรวมไม่แสดงความแตกต่างอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุ สำหรับสมบัติเชิงหน้าที่ของสารเติมแต่งประเภทโปรตีนที่มีการเติมในเจลโปรตีนจะเกิดอันตรกิริยาต่าง ๆ ได้แก่ อันตรกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำ อันตรกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน และอันตรกิริยาระหว่างโปรตีน-ไขมัน-น้ำ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเติมแต่งประเภทโปรตีนที่เติมลงไป ซึ่งมีผลต่อความเสถียรของโครงข่ายเจลโปรตีน โดยสารเติมแต่งประเภทโปรตีนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ functional binder และ functional filler ซึ่ง functional binder จะช่วยเพิ่มค่าความเค้นเฉือนและความเครียดเฉือนของเจลซูริมิ ขณะที่ functional filler จะเพิ่มค่าความเค้นเฉือนแต่ลดค่าความเครียดเฉือน [4] สำหรับค่าระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุ ค่าการเกาะตัว และค่าความยืดหยุ่น มีค่าไม่แตกต่างกันในทุกระดับการเติมปลาซิวแก้วผง ซึ่งสะท้อนว่าโครงสร้างเจลโปรตีนของปลาสวายยังคงรักษาการเกาะตัวและความยืดหยุ่นได้ในระดับใกล้เคียงกัน แม้ว่าการเติมปลาซิวแก้วผงจะส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลและความแข็งก็ตาม โดยผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ปลาซิวแก้วผงมีผลกระทบต่อความหนาแน่นของโครงข่ายโปรตีนมากกว่าความสามารถในการยืดหยุ่นของเจล

Table 1 Breaking force, breaking distance and gel strength of striped catfish gel added with different concentrations of Thai river sprat fish powder

Percentage of Thai river sprat fish powder (w/w)	Breaking force (g)	Breaking distance (mm) ^{ns}	Gel strength (g.cm)
0	247.56 ± 31.14 ^{a}	13.20 ± 0.63	328.20± 55.79 ^{a}
1	183.38 ± 29.84 ^{b}	11.89 ± 1.62	221.79 ± 64.25 ^{b}
3	184.50 ± 4.59 ^{b}	12.56 ± 0.53	231.99 ± 15.00 ^{b}
5	220.59 ± 22.29 ^{ab}	12.88 ± 0.81	285.59 ± 46.61 ^{ab}
10	206.09 ± 17.21 ^{b}	12.76 ± 1.12	262.53 ± 25.71 ^{ab}

^{ns} Mean in the same column are not significantly different ($p>0.05$)

$^{a-b}$ Mean in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 2 Hardness, cohesiveness and springiness of striped catfish gel added with different concentrations of Thai river sprat fish powder

Percentage of Thai river sprat fish powder (w/w)	Hardness (g)	Cohesiveness ^{ns}	Springiness ^{ns}
0	857.82±74.46 ^{a}	0.819±0.062	0.711±0.104
1	708.15±55.23 ^{b}	0.815±0.019	0.726±0.060
3	672.65±68.77 ^{b}	0.801±0.020	0.751±0.042
5	742.18±26.41 ^{b}	0.813±0.014	0.674±0.040
10	836.16±43.49 ^{a}	0.788±0.005	0.708±0.013

^{ns} Mean in the same column are not significantly different ($p>0.05$).

$^{a-b}$ Mean in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$)

2. ผลของปลาซิวแก้วผงค่าความขาวและค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเจลปลาสวาย

ผลการทดสอบค่าความขาวและค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของเจลปลาสวาย (Table 3) พบว่า ค่าความขาวของเจลปลาสวายตัวอย่างควบคุม (ร้อยละ 0) มีค่าสูงสุด (75.92 ± 1.06) และมีค่าความขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระดับการเติมปลาซิวแก้วผง ($p<0.05$) (Figure 1) โดยเจลที่มีการเติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 10 มีค่าความขาวต่ำสุด (61.06 ± 2.77) ขณะที่ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำที่สามารถบีบออกจากเนื้อเจลปลาได้ พบว่า เจลปลาสวายตัวอย่างควบคุมมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (ร้อยละ 16.23 ± 1.99) ในขณะที่การเติมผงปลาซิวแก้วที่ร้อยละ 1, 3 และ 5 ทำให้เจลมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยมีค่าประมาณร้อยละ 24.51–27.88 ซึ่งแสดงถึงการเก็บกักน้ำไว้ภายในโครงข่ายเจลโปรตีนได้น้อยลง ส่วนการเติมร้อยละ 10 มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากเจลปลาสวายตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การเติมปลาซิวแก้วผงส่งผลให้ค่าความขาวของเจลปลาสวายลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามปริมาณปลาซิวแก้วผงที่สูงขึ้น ทั้งนี้เกิดจากสีธรรมชาติของปลาซิวแก้วผงซึ่งมีสีเทาอมขาวเมื่อเติมในเนื้อเจลปลาสวายซึ่งมีสีขาวกว่าจึงทำให้สีของเจลปลาสวายเปลี่ยนไปส่งผลให้ความขาวลดลง นอกจากนี้การกระจายตัวของปลาซิวแก้วผงในเนื้อเจลโปรตีนอาจทำให้เกิดการกระเจิงแสงแตกต่างจากเจลที่ไม่มีการเติมปลาซิวแก้วผง ทำให้ค่าความขาวโดยรวมลดลงเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานในงานวิจัยอื่น ๆ ที่พบว่า การเติมสารเติมแต่งอาหารที่มีสีเข้มกว่าจะลดความขาวของผลิตภัณฑ์เจลโปรตีนได้ [26] โดยการเติมสารเติมแต่งประเภทโปรตีนมีผลต่อค่าสีของเจลซูริมิ โดยจะลดค่า L* เล็กน้อย และเพิ่มค่า b* ของเจลให้สูงขึ้น [4] สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการเติม soy protein isolate และผงจิ้งหรีดในเจลซูริมิจากปลา Indian mackerel ซึ่งมีค่าความขาวลดลงตามปริมาณการเติมที่สูงขึ้น [21] ส่วนค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหรือ ปริมาณน้ำที่สามารถบีบออกจากเจลปลาได้ พบว่า การเติมผงปลาซิวแก้วในระดับร้อยละ 1, 3, และ 5 ทำให้ค่านี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่า เจลปลาสวายมีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ในโครงข่ายเจลได้ต่ำลง ทำให้น้ำในเจลปลาถูกขับออกได้ง่ายขึ้นเมื่อถูกกดทับด้วยลูกตุ้มน้ำหนัก ทั้งนี้ปริมาณน้ำที่ถูกบีบออกมาจากเจลที่มากขึ้นอาจเกิดจากการรบกวนโครงข่ายเจลโปรตีนและลดความหนาแน่นของเนื้อเจลจากปลาซิวแก้วผง ส่งผลให้โครงข่ายเจลโปรตีนเกิดความเสียหายหรือไม่สมบูรณ์พอที่จะกักเก็บน้ำไว้ได้ดี สอดคล้องกับผลการทดสอบสมบัติด้านเนื้อสัมผัสที่เจลปลาสวายมีความแข็งแรงเจลลดลงเมื่อเติมปลาซิวแก้วผงที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่ระดับการเติมปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 10 มีค่า ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักลดลงเล็กน้อย อาจเป็นผลมาจากความหนาแน่นของปลาซิวแก้วผงที่ระดับสูงขึ้นเกิดการดูดซับน้ำจากระบบเมทริกซ์เจลและช่วยเสริมความแน่นของเนื้อเจล ส่งผลให้น้ำถูกกักเก็บได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นอื่น ๆ

Table 3 Whiteness and expressible water of striped catfish gel added with different concentrations of Thai river sprat fish powder

Percentage of Thai river sprat fish powder (w/w)	Whiteness	Expressible water (%)
0	75.92± 1.06 [a]	16.23 ± 1.99 [b]
1	73.54 ± 1.00 [b]	27.80 ± 2.95 [a]
3	70.98 ± 0.88 [c]	27.88 ± 6.57 [a]
5	69.16 ± 0.53 [d]	24.51± 4.22 [a]
10	61.06± 2.77 [e]	20.30 ± 2.45 [ab]

[a-e] Mean in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$)

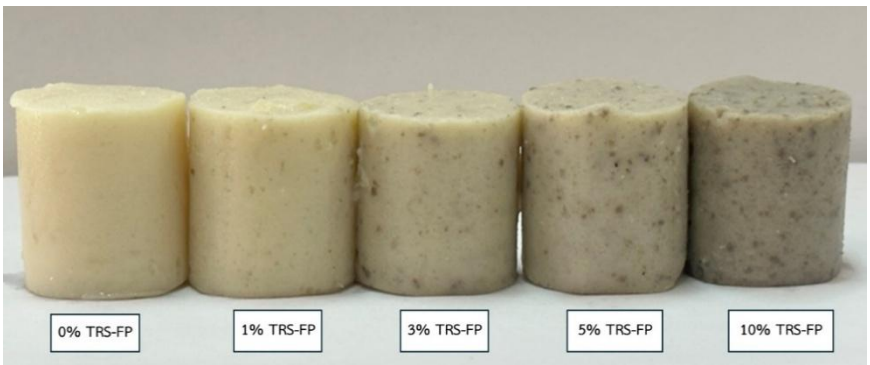


Figure 1 Striped catfish gel added Thai river sprat fish powder (TRS-FP) at different concentrations

3. ผลของปลาซิวแก้วผงต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวาย

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (Table 4) พบว่า การเติมปลาซิวแก้งผงที่ระดับร้อยละ 1 ทำให้ลูกชิ้นปลาสวายมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีและความชอบรวมไม่แตกต่างจากลูกชิ้นปลาสวายควบคุม (ร้อยละ 0) ($p>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ที่ระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ขณะที่การเติมปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 3, 5 และ 10 ลูกชิ้นปลามีคะแนนความชอบในทุกลักษณะลดลงตามปริมาณปลาซิวแก้วผงที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ผู้ทดสอบได้ให้ความเห็นว่า ลูกชิ้นปลาสวายที่มีการเติมปลาซิวแก้วผงที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น เมื่อรับประทานเข้าไปผู้ทดสอบสามารถรับรู้ความรู้สึกภายในปากเหมือนมีเม็ดทรายเล็ก ๆ แทรกกระจายอยู่ภายในเนื้อลูกชิ้นปลา โดยเฉพาะลูกชิ้นปลาที่มีการเติมปลาซิวแก้วผงตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป ส่งผลให้คะแนนความชอบลดลง ทั้งนี้ความรู้สึกภายในปากของผู้ทดสอบชิมที่เหมือนมีเม็ดทรายเล็ก ๆ นั้น เกิดจากผงกระดูกของปลาซิวแก้วซึ่งเป็นองค์ประกอบของปลาซิวแก้วผง ทั้งนี้เนื่องจากปลาซิวแก้วผงที่ใช้ในการทดลองนี้เตรียมจากปลาซิวแก้วสดแบบทั้งตัวซึ่งเป็นปลาขนาดเล็ก เมื่อนำมาเตรียมผงปลาโดยการให้ความร้อนสูงร่วมกับความดัน จากนั้นผ่านการบดละเอียดและร่อนด้วยตะแกรง 80 mesh จนมีลักษณะเป็นผงละเอียดแล้วก็ตาม แต่กระดูกปลาซึ่งมีลักษณะเป็นโครงสร้างแข็งเมื่อนำมาผสมในลูกชิ้นปลาซึ่งมีโครงสร้างเป็นเจลโปรตีนจึงอาจไปแทรกอยู่ในเจลโปรตีน ส่งผลให้ผู้ทดสอบยังสามารถรับรู้ความรู้สึกในปากได้เมื่อใช้ปริมาณเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบสมบัติด้านเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า การเติมปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 10 ถึงแม้ว่าจะมีค่าความแข็งแรงเจลและความแข็งไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (ร้อยละ 0) แต่มีค่าความขาวและคะแนนความชอบรวมต่ำที่สุด ขณะที่การเติมปลาซิวแก้วผงที่ร้อยละ 1 เจลปลาสวายมีค่าความแข็งแรงเจลและความแข็งน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม แต่มีค่าการเกาะตัวและความยืดหยุ่นไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ขณะที่คะแนนความชอบรวมของลูกชิ้นปลามีค่าสูงสุด ดังนั้น จึงคัดเลือกลูกชิ้นปลาที่มีการเติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 เพื่อใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

Table 4 Sensory characteristics of fish ball prepared from striped catfish mince added with different concentrations of Thai river sprat fish powder

Attributes	Percentage of Thai river sprat fish powder (w/w)				
	0%	1%	3%	5%	10%
Appearance	8.00±1.20 [a]	7.75±1.04 [a]	7.23±1.13 [b]	6.87±1.33 [b]	6.36±1.49 [c]
Color	8.03±0.99 [a]	7.60±1.35 [a]	7.00±1.33 [b]	6.57±1.61 [b]	5.76±1.65 [c]
Odor	7.50±1.43 [a]	7.03±1.27 [ab]	6.53±1.57 [b]	5.73±1.82 [c]	5.40±1.89 [c]
Taste	7.93±0.98 [a]	7.47±1.43 [ab]	7.00±1.66 [b]	6.10±1.98 [c]	5.37±2.04 [d]
Texture	8.07±0.98 [a]	7.53±1.43 [ab]	6.93±1.41 [b]	5.97±2.01 [c]	4.93±2.27 [d]
Overall liking	8.07±1.08 [a]	7.76±1.10 [a]	6.93±1.26 [b]	6.03±1.71 [c]	5.10±1.86 [d]

[a-d] Mean in the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$)

4. **ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค**

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 (Figure 2) จำนวน 100 คน แสดงผลดัง Table 5 พบว่า ผู้ทดสอบเป็นเพศหญิงและเพศชายคิดเป็นร้อยละ 53 และ 47 ตามลำดับ ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอายุ 20-30 ปี (ร้อยละ 52) รองลงมาคือกลุ่มผู้บริโภคอายุ 41-50 ปี (ร้อยละ 21) กลุ่มอายุ 31-40 ปี (ร้อยละ 14) กลุ่มอายุต่ำกว่า 20 ปี (ร้อยละ 9) และกลุ่มอายุมากกว่า 50 ปี (ร้อยละ 4) ตามลำดับ โดยร้อยละ 66 มีการศึกษาอยู่ที่ระดับปริญญาตรี รองลงมาคือสูงกว่าระดับปริญญาตรีร้อยละ 21 ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มนักเรียน/นักศึกษาร้อยละ 48 รองลงมาได้แก่ อาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ (ร้อยละ 28) ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 5,000 บาท (ร้อยละ 38) รองลงมาคือ มีรายได้ต่อเดือนมากกว่า 20,000 บาท (ร้อยละ 26) 10,001-20,000 บาท (ร้อยละ 20) และ 5,001 – 10,000 บาท (ร้อยละ 16) ซึ่งรายได้ต่อเดือนสอดคล้องกับอาชีพของผู้ทดสอบ สำหรับผลการทดสอบความชอบ (Table 6) พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอยู่ที่ระดับชอบปานกลาง (7.04 - 7.54 คะแนน) ขณะที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นอยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย (6.37 คะแนน) ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจเหตุผลที่ไม่ตัดสินใจซื้อ ซึ่งพบว่า กลิ่นคาว เป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคกลุ่มดังกล่าวคำนึงถึง (ร้อยละ 36) การยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้ทดสอบ (Table 7) พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 91 และตัดสินใจซื้อร้อยละ 80 สำหรับเหตุผลในการตัดสินใจซื้อและไม่ซื้อซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของค่าร้อยละ โดยร้อยละของเหตุผลแต่ละข้อคำนวณจากการนำจำนวนคำตอบของเหตุผลนั้นหารด้วยจำนวนคำตอบทั้งหมดแล้วคูณด้วย 100 พบว่า เหตุผลในการตัดสินใจซื้อเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ รสชาติอร่อย อยากทดลองบริโภคผลิตภัณฑ์ มีความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์ มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีต่อสุขภาพ และสะดวกต่อการบริโภค คิดเป็นร้อยละ 26.47 20.59 20.59 17.06 และ 15.29 ตามลำดับ

Table 5 General information of 100 respondents in the survey on consumer attitudes and preferences toward striped catfish fish ball added 1% (w/w) of Thai river sprat fish powder

General information		Percentage
Gender	Male	47
	Female	53
Age	< 20 years	9

General information		Percentage
	20-30 years	52
	31-40 years	14
	41-50 years	21
	>50 years	4
Education level	Primary school – Secondary school	6
	Diploma / Vocational Certificate	7
	Bachelor's degree	66
	Higher than bachelor's degree	21
Occupation	Student/ Undergraduate student	48
	Civil servant / State enterprise employee	28
	Private company employee	1
	Business owner / Self-employed	10
	Others (e.g., Research Assistant, Homemaker)	13
Monthly income	Less than 5,000 Baht	38
	5,001-10,000 Baht	16
	10,001-20,000 Baht	20
	More than 20,000 Baht	26

Table 6 Consumer preference scores of striped catfish fish ball added 1% (w/w) of Thai river sprat fish powder (n = 100)

Attributes	Average ± standard deviation
Appearance	7.54 ± 1.47
Color	7.47 ± 1.59
Odor	6.37 ± 1.94
Taste	7.04 ± 1.84
Texture	7.32 ± 1.91
Overall liking	7.04 ± 1.84

Table 7 Consumer acceptance and purchase decision of the product with reasons (n = 100)

Factor	Percentage
Product acceptance	
Accept	91
Not accept	9
Purchase decision	
In the case of purchase	80
Because they wanted to try the product *	20.59
Easy to consume *	15.29
Nutritious and beneficial for health *	17.06
Novelty of the product *	20.59
Delicious taste *	26.47
In the case of not purchasing	20
Because they disliked the appearance of the product	4
Unfamiliar with the product *	12
Unpleasant taste*	44
Fishy odor *	36
Unpleasant texture *	4

* Percentage is calculated by dividing the number of responses for a specific reason by the total number of responses, multiplied by 100

Figure 2 Striped catfish fish ball added 1% (w/w) of Thai river sprat fish powder for consumer test

5. คุณภาพของลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1

คุณภาพของลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 (Table 8) พบว่า ลูกชิ้นปลาสวายมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 81.32, 13.90, 0.25, 1.40 และ 2.13 ตามลำดับ ลูกชิ้นปลาสวาย 100 กรัม มีพลังงานทั้งหมด 66 กิโลแคลรี และแคลเซียม 121 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สำหรับค่าความขาว มีค่า 73.54 และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 3.41×10^2 CFU/g เมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นปลาสวายตัวอย่างควบคุม พบว่า การเติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน ไขมัน พลังงาน และแคลเซียมของลูกชิ้นปลาสวายอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่ส่งผลให้ความชื้น คาร์โบไฮเดรต เถ้า และความขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ขณะที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ลูกชิ้นปลา (มผช. 328/2547) ซึ่งกำหนดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 CFU/g [27] ดังนั้น ลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 จึงเป็นแหล่งของโปรตีนและแร่ธาตุ โดยเฉพาะแคลเซียม มีไขมันต่ำ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

Table 8 Quality of striped catfish fish ball added 1% (w/w) of Thai river sprat fish powder

Nutrition values and quality	Average ± standard deviation	
	Striped catfish fish ball (0% Thai river sprat fish powder)	Striped catfish fish ball added 1% Thai river sprat fish powder
Moisture (%)	$81.72^a \pm 0.02$	$81.32^b \pm 0.03$
Protein (%)	$13.28^b \pm 0.03$	$13.90^a \pm 0.02$
Fat (%)	$0.14^b \pm 0.00$	$0.25^a \pm 0.00$
Ash (%)	$1.42^a \pm 0.01$	$1.40^b \pm 0.02$
Carbohydrate (%)	$2.46^a \pm 0.02$	$2.13^b \pm 0.03$
Total Energy (kcal/100 g)	64^b	66^a
Calcium (mg/100g)	$32.67^b \pm 0.58$	$121^a \pm 1.00$
Whiteness	$82.24^a \pm 0.45$	$73.54^b \pm 1.00$
Total Plate Count (CFU/g)	3.57×10^2	3.41×10^2

สรุปผล

การเติมปลาซิวแก้วผงมีผลโดยตรงต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเจลปลาสวาย โดยค่าแรงที่ใช้ในการเจาะทะลุ ความแข็งแรงเจล ความแข็ง ความขาว และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีค่าลดลงตามระดับการเติมปลาซิวแก้วผง แต่ไม่มีผลต่อค่าระยะทางที่หัววัดกดก่อนทะลุ การเกาะตัว และค่าความยืดหยุ่นของเจล ($p>0.05$) ในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) และเป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ดังนั้น จึงคัดเลือกสูตรที่มีการเติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยผลการทดสอบการยอมรับผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่า ลูกชิ้นปลาสวายสูตรดังกล่าวมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 7.04 คะแนน) มีการยอมรับร้อยละ 91 และมีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 80 ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ลูกชิ้นปลาสวายที่เติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน พลังงาน และแคลเซียมสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้น การ

เติมปลาซิวแก้วผงร้อยละ 1 ในลูกชิ้นปลาสวายจึงเป็นสูตรที่มีความเหมาะสมเนื่องจากมีการยอมรับจากผู้บริโภคและมีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร และ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำการทดลองครั้งนี้ “งานวิจัยเรื่องนี้ ได้รับการสนับสนุนจากกองทุน ส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568”

เอกสารอ้างอิง

1 Suzuki T. Fish and krill protein processing technology. London: Applied Science Publishers; 1981.
2 Sun XD, Holley RA. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2011; 10(1): 33–51.
3 Martín-Sánchez AM, Navarro C, Pérez-Álvarez JA, Kuri V. Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: A review. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2009; 8(4): 359-74.
4 Park JW, editor. Surimi and surimi seafood. Marcel Dekker, Inc.; 2000.
5 Buamard N, Singh A, Benjakul S. Improvement of Surimi Gel Quality Using Protein Cross-Linker, Hydrocolloids and Protease Inhibitor. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2024; 24(3): TRJFAS24808. doi: 10.4194/TRJFAS24808
6 Wijayanti I, Singh A, Benjakul S, Sookchoo P. Textural, sensory, and chemical characteristic of threadfin bream (Nemipterus sp.) surimi gel fortified with bio-calcium from bone of Asian sea bass (Lates calcarifer). Foods. 2021; 10(5):976. doi:10.3390/foods10050976.
7 โรงพยาบาลราชวิถี. ปลาสวาย โอเมก้า 3 สูง เมนูทางเลือกคนไทย. [อินเทอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึง 5 มี.ค. 2568]. Available from: https://www.rajavithi.go.th/rj/?p=2075
8 จักรินทร์ ตรีอินทอง, วนัฐวิน ภูขมร, ศิวาพร สีดาบุตร. ผลของสภาวะการล้างและการให้ความร้อนต่อสมบัติเจลของปลาสวาย. แก่นแกษตร. 2562; 47(พิเศษ 1): 1265–1272.
9 จักรินทร์ ตรีอินทอง, ฤทธิ์ชัย คำโฮง, วนัฐวิน ภูขมร. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาสวาย. แก่นเกษตร. 2562; 47 (พิเศษ 2): 461–466.
10 อรวรรณ คงพันธุ์, วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์. การผลิตน้ำปลาจากปลาน้ำจืด. เอกสารวิชาการกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552; (2): 1–70.
11 รัชดา อุยยืนยงค์, กิตธวัช บุญทวี, ขนิษฐา หวังดี. การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วอบแห้งในบรรจุภัณฑ์เติมก๊าซไนโตรเจนโดยสภาวะเร่ง. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2566; 18(1): 10–20. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFTSU/article/view/257423/176260
12 กิตติพร สุพรรณผิว, กิตธวัช บุญทวี. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาซิวแก้วสามรสอบกรอบ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. 2566; 18(2): 63–73. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj/article/view/250721/171707

13 จักรินทร์ ตรีอินทอง, อ้อยทิพย์ สมานรส, ปิยะฉัตร วิริยะอำไพวงศ์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาซิวแก้วตากแห้ง. วารสารเกษตรพระวรุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 2567; 21(1): 96–105. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/article/view/262872/178325

14 จักรินทร์ ตรีอินทอง, วุฒิ รัตนวิชัย. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์น้ำพริกจากปลาซิวแก้วตากแห้ง [รายงานการวิจัย]. มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์; 2564.

15 สิตา เบญจไพพงษ์, ณิชกานต์ พุทธิเสาวภาคย์, ภัทิรา สุดเลิศ, วรางคณา สมพงษ์. การผลิตลูกชิ้นปลาเสริมผงกระดูกจากปลาแซลมอน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ววท.). 2564; 29(4): 561–571. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/224288/172852

16 Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official method of analysis. 20th ed. Washington, DC: AOAC; 2016.

17 Marine Fisheries Research Department (MFRD). Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products. Singapore: SEAFDEC; 1987.

18 Lanier TC. Measurement of surimi composition and functional properties. In: Lanier TC, Lee CM, editors. Surimi technology. New York: Marcel Dekker; 1992. p. 123–163.

19 Andrews W. Manual of food quality control. 4. rev. 1: microbiological analysis. Rome: FAO Food and Nutrition Paper (FAO); 1992.

20 Bacteriological Analytical Manual (BAM). Yeast, molds and mycotoxins [Internet]. 2001. Available from: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins

21 Somjid P, Panpipat W, Cheong LZ, Chaijan M. Comparative effect of cricket protein powder and soy protein isolate on gel properties of Indian mackerel surimi. Foods. 2022;11(21):3445. doi:10.3390/foods11213445

22 Benjakul S, Visessanguan W. Transglutaminase induced cross-linking in fish muscle proteins and its impact on gelation. Food Chemistry. 2003; 83(4): 493–500.

23 Rawdkuen S, Benjakul S. Whey protein concentrate: Autolysis inhibition and effects on the gel properties of surimi prepared from tropical fish. Food Chemistry. 2008;106(3):1077–1084. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814607007133

24 Lanier TC. Surimi gelation chemistry. In: Surimi and surimi seafood. Marcel Dekker; 2000. p. 237–265.

25 Park JW. Surimi and surimi seafood. 2nd ed. CRC Press; 2014.

26 Karthikeyan R, Suresh PV, Muralidharan S. Influence of natural colorants on color and texture properties of surimi-based products. Journal of Food Processing and Preservation. 2017; 41(6): e13233. doi:10.1111/jfpp.13233

27 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ลูกชิ้นปลา (มผช. 328/2547). กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม; 2547.

Research Article

Genetic Variation and Polymorphism Identification of the Thyroglobulin (TG) Gene in Thai Wagyu Crossbred Cattle

Chanachotintawit Kaopong[1], Jiratti Thammasiri[2], Anupong Tankrathok[2] and Jiranan Insee[2*]
[1]*Master of Science program student in Agricultural Technology Faculty of Agricultural Technology Kalasin University*
[2]*Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University*
[*]Corresponding author email: jiranan.in@ksu.ac.th

Date Received	Date Revised	Date Accepted
October 27, 2025	December 4, 2025	December 5, 2025

Abstract

The thyroglobulin (TG) gene is recognized as a major candidate gene involved in regulating intramuscular fat (IMF) deposition, a key determinant of beef quality. This study aimed to evaluate the genetic diversity and identify novel polymorphisms of the TG gene in Thai Wagyu crossbred cattle. Blood samples (n = 50) were collected from male animals to extract genomic DNA (gDNA). The target TG gene fragment was amplified using the polymerase chain reaction (PCR) and subsequently sequenced to identify single nucleotide polymorphisms (SNPs) and estimate population genetic parameters. Seven SNPs were identified including g.164A>G, g.257C>T, g.335A>G, g.386C>T, g.422C>T, g.537C>T, and g.552T>C. The expected heterozygosity (He) ranged from 0.41 to 0.49, while the polymorphic information content (PIC) ranged from 0.32 to 0.37, indicating moderate genetic diversity. The population was in Hardy–Weinberg equilibrium (HWE) ($P > 0.05$). The discovery of these seven novel SNPs provides essential baseline data for future association studies with meat quality traits and supports the potential application of TG gene polymorphisms as molecular markers in marker-assisted selection (MAS) programs aimed at improving meat quality in Wagyu crossbred cattle.

Keywords: Genetic variation, Thyroglobulin (TG) gene, Wagyu Crossbred Cattle

Introduction

High-quality beef production constitutes a fundamental goal of the global livestock industry, particularly in premium markets where superior sensory attributes such as tenderness, juiciness, and flavor are highly valued [1]. Among the most influential factors determining beef quality is intramuscular fat (IMF), commonly known as marbling, which significantly contributes to the organoleptic properties of meat [2]. The Wagyu breed is globally renowned for its exceptional genetic propensity to deposit IMF at substantially higher levels than other cattle breeds. Consequently, Wagyu genetics have been extensively integrated into

crossbreeding programs to enhance carcass quality and market value in various cattle populations [3]. In Thailand, the premium beef sector has experienced rapid growth over the past decade, with Wagyu and Wagyu-crossbred cattle playing a pivotal role in meeting consumer demand for high-quality marbled beef. However, comprehensive studies on the genetic factors influencing marbling in Thai Wagyu-crossbred populations remain limited.

From an economic standpoint, the incorporation of Wagyu germplasm into commercial beef production has demonstrated notable profitability, with genetic improvements contributing to an 18–52% increase in economic returns compared to conventional systems [4]. This evidence underscores the substantial value of Wagyu and Wagyu-crossbred cattle as strategic assets in sustainable beef production.

Advances in molecular genetics have revolutionized animal breeding by enabling the identification of DNA markers associated with economically important traits. Among these, single nucleotide polymorphisms (SNPs) represent the most abundant, stable, and informative form of genetic variation across the genome. SNPs provide a robust tool for marker-assisted selection (MAS), allowing breeders to select genetically superior animals without the need for extensive phenotypic testing [5].

The thyroglobulin (TG) gene has emerged as a prominent candidate gene involved in lipid metabolism and fat deposition in beef cattle. It encodes a precursor protein essential for thyroid hormone synthesis, which plays a regulatory role in basal metabolic rate, lipogenesis, and adipocyte differentiation within muscle tissue [3]. Located on bovine chromosome 14 (BTA14), the TG gene is positioned within a quantitative trait locus (QTL) known to influence marbling and carcass quality traits [6].

Of particular interest is the TG5 polymorphism (g.-422C>T), located within the 5′-flanking region of the TG gene, which has been consistently associated with IMF accumulation in various beef breeds [3]. The TT genotype has been correlated with higher marbling scores, implying a positive regulatory effect on adipogenic gene expression, though the direction and magnitude of this association vary across cattle populations [6, 7]. Such variation is likely attributed to differences in genetic background, linkage disequilibrium, and environmental factors. Previous research on TG polymorphisms in other cattle breeds, such as Angus, Hereford, and Charolais, has further demonstrated breed-specific associations with IMF and carcass traits, emphasizing the need to evaluate whether these relationships hold in Thai Wagyu-crossbred populations. Including such comparative data highlights gaps in the current understanding and situates the present study within a broader genetic context.

In the context of Wagyu-crossbred cattle, understanding the allelic variation and functional effects of TG gene polymorphisms is critical. These populations often display enhanced meat quality while also possessing considerable genetic heterogeneity due to breed admixture [3]. Elucidating the genetic structure of TG polymorphisms in Thai Wagyu-crossbred cattle can provide practical markers for genomic selection, facilitating the accumulation of favorable alleles that improve carcass and meat quality traits.

All possible genotypic combinations were observed at each locus, including AA, AG, and GG for A>G; CC, CT, and TT for C>T; and TT, CT, and CC for T>C. Heterozygous genotypes (AG and CT) exhibited

overlapping double peaks in the sequencing chromatograms, reflecting the simultaneous presence of both alleles, whereas homozygous genotypes showed single, well-defined peaks.

Although the TG5 polymorphism (g.–422C>T) has been extensively characterized across multiple cattle breeds and is widely recognized for its functional association with intramuscular fat (IMF) deposition, the broader landscape of TG gene variation in Thai Wagyu-crossbred cattle remains insufficiently documented. Previous studies have predominantly emphasized TG5 due to its consistent and biologically supported relationship with marbling traits. In contrast, other SNPs reported within the TG gene have not been consistently associated with IMF or carcass characteristics and often represent neutral sequence variations without confirmed phenotypic implications.

Identification of additional SNPs in Thai Wagyu-crossbred populations therefore addresses a critical knowledge gap by revealing previously undescribed or population-specific polymorphisms that may contribute to phenotypic variation in meat quality. Assessing the functional relevance of these newly detected SNPs is essential for determining their potential utility as molecular markers in future MAS strategies aimed at improving carcass and meat quality traits.

Objectives

To investigate the genetic variation and identify novel polymorphisms within the Thyroglobulin (TG) gene in a Wagyu crossbred cattle population.

Materials, Equipment, and Methods

Ethical approval

This study was conducted in compliance with the ethical standards for the care and use of animals in scientific research and was approved by the Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC) of Kalasin University, Thailand (Approval No. KSU-AE-045, approved on May 1, 2025). All experimental procedures adhered to national and institutional animal welfare regulations.

Experimental animals and sample collection

A total of fifty (50) 50/50 Thai Wagyu–Angus crossbred bulls, aged between 18 and 24 months, were randomly selected from a private farm in Kalasin Province, Thailand. All animals were raised under a confined fattening system and were confirmed to be in good health at the time of selection. For each bull, 10 mL of whole blood was collected from the jugular vein using EDTA-coated vacuum tubes to prevent coagulation. The samples were immediately stored at 4 °C and transported to the laboratory within 24 hours for genomic DNA extraction.

DNA extraction and PCR amplification

Genomic DNA (gDNA) was extracted using the PureDireX® Genomic DNA Isolation Dual Kit (Column Based) (Gibthai Co., Ltd., Thailand) following the manufacturer's protocol. The purity and concentration of extracted DNA were determined using a NanoDrop 2000 spectrophotometer (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA). Samples with an optical density (OD_{260}/OD_{280}) ratio between 1.8 and 2.0 were considered acceptable. The DNA integrity was further confirmed by electrophoresis on 1.0% agarose gels.

PCR Amplification and Sequencing

A DNA fragment encompassing the *TG* gene was generated through PCR amplification using the specific primer pair TG-F (5′-ggg gat gac tac gag tat gac tg-3′) and TG-R (5′-gtg aaa atc ttg tgg agg ctg ta-3′). These primers were designed based on the bovine *TG* gene sequence corresponding to GenBank accession number X05380 [8]. For the present study, the *TG* gene sequence used for primer design and comparative analysis was derived from publicly available reference data, while the genomic DNA template used for amplification originated from Thai Wagyu crossbred cattle sampled locally in Kalasin Province. The amplified fragments from these samples were subsequently sequenced de novo to confirm sequence identity and ensure compatibility with the reference *TG* gene sequence. Figure 1. PCR was carried out in mixtures with a final volume of 50 μl containing the forward primer (2.0 μl), reverse primer (2.0 μl), standard ready-to-use 2xPCR Mix (25 μl), DNA (4 μl) and nuclease-free water (17 μl). The PCR steps were carried out under the following temperature conditions: initial denaturation at 94°C for 5 minutes, followed by 35 cycles of denaturation at 94°C for 45 seconds, an annealing at 58°C for 45 seconds and elongation at 72°C for 45 seconds, then final elongation at 72°C for 5 minutes. The DNA fragment (537 bp) of TG gene were detected on 1.5 % agarose gel after staining with ethidium bromine through UV transillumination as shown in Figure 2.

DNA Sequencing and SNP Identification

The specific DNA fragment (537 bp) of TG gene of each sample were purified and submitted to Gibthai Co., Ltd. (Bangkok, Thailand) for bidirectional Sanger sequencing. Sequence quality was assessed using Sequence Scanner Software version 2.0, and multiple sequence alignment was performed with ClustalW implemented in BioEdit version 7.7 (https://bioedit.software.informer.com/). SNP positions were identified by aligning the sequences to the reference TG gene sequence of *Bos taurus* (GenBank accession number: JX090179.1).

Population Genetic Analysis

Genotypic and allelic frequencies were calculated for each SNP locus. The expected heterozygosity (He) was computed following Nei [6], while the polymorphic information content (PIC) and effective number of alleles (Ne) were determined according to Botstein et al. [9]. Hardy–Weinberg equilibrium (HWE) for each locus was assessed using the chi-square (χ^2) test at a significance level of $P < 0.05$.

Results and Discussion

A 537 bp DNA fragment of the TG gene was successfully amplified by PCR from the 50 Thai Wagyu crossbred cattle individuals (Figure 2), prior to DNA sequencing. Subsequent DNA sequencing was performed, and comparison with the reference sequence (GenBank accession number: X05380.1) revealed seven single nucleotide polymorphisms (SNPs) in the TG gene of the Thai Wagyu crossbred population. These identified SNPs include g.164A>G, g.257C>T, g.335A>G, g.386C>T, g.422C>T, g.537C>T, and g.552T>C. (Figure 1)

To enhance the clarity and interpretability of the results, it is recommended to include representative sequencing chromatograms illustrating both homozygous and heterozygous genotypes (e.g., AA versus AG or CC versus CT). Such figures would allow readers to clearly distinguish the single, discrete peaks characteristic of homozygous genotypes from the overlapping double peaks indicative of heterozygosity.

These findings confirm that multiple polymorphic loci exist within the TG gene region of the Wagyu crossbred population, suggesting a considerable degree of genetic variability that may influence economically important carcass traits.

Genotypic and Allelic Frequency Analysis of the TG Gene in Wagyu Crossbred Cattle

The genotypic and allelic frequencies of the seven identified SNPs are summarized in Table 1. The analysis revealed that all loci exhibited polymorphism, with expected heterozygosity (He) ranging from 0.41 to 0.49 and polymorphic information content (PIC) values ranging from 0.32 to 0.37, indicating a moderate level of genetic diversity within the studied population. Furthermore, all loci were in agreement with Hardy–Weinberg equilibrium ($P > 0.05$), suggesting that the population is genetically stable and not subject to selective pressure at the TG locus.

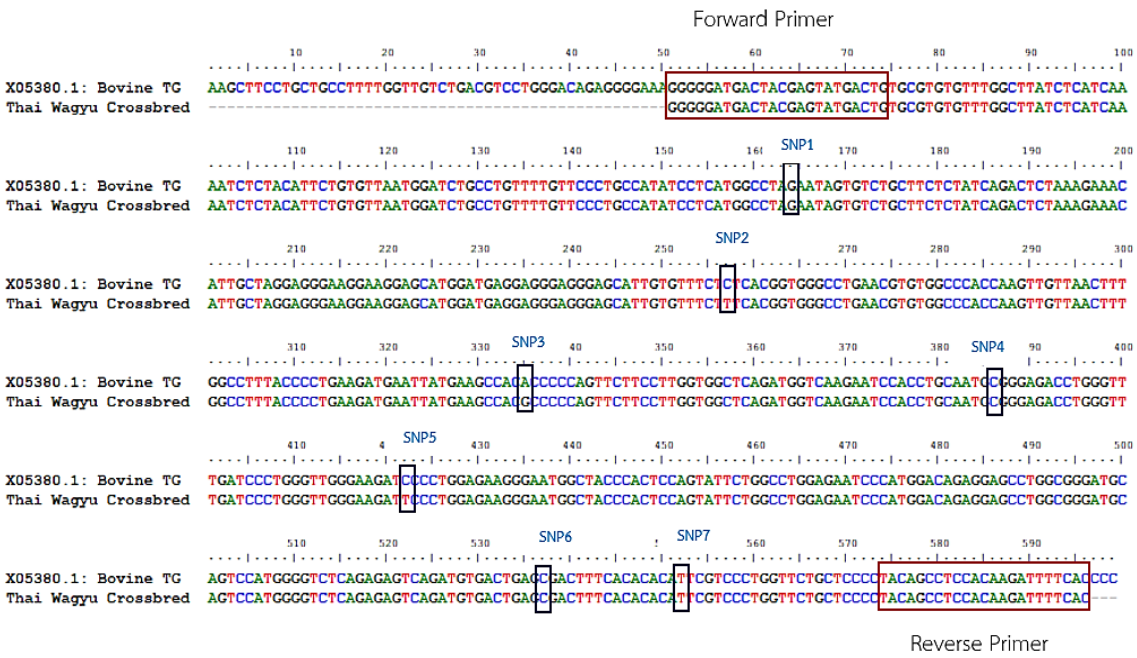


Figure 1. Comparison of the TG gene sequence fragment from Thai Wagyu crossbred cattle with the reference sequence (X05380.1). The alignment shows the position of the Forward and Reverse primers (boxed) and the locations of the seven single nucleotide polymorphisms (SNPs) identified in the study (SNP1 to SNP7).

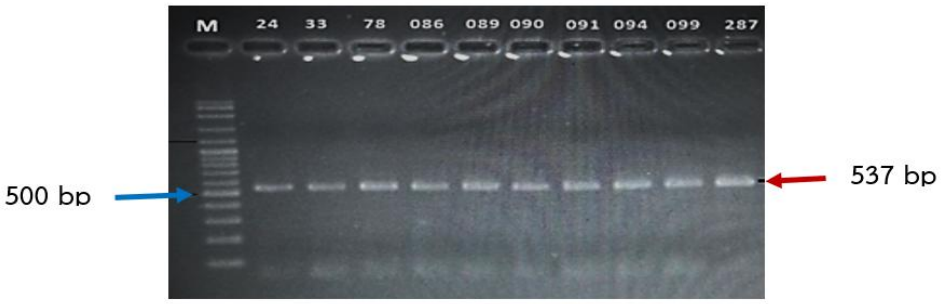


Figure 2 DNA fragments (537 bp) of the TG gene of Thai Wagyu crossbred cattle were amplified by PCR prior to DNA sequencing. M: 100bp DNA ladder as standard

Table 1 Genetic diversity of the TG genes in Thai Wagyu crossbred cattle compared with GenBank accession number X05380

SNPs	Genotype Frequencies (N=50)			Allele Frequencies		He	PIC	Ne	χ^2 (HWE)
g.164A>G	AA	AG	GG	A	G	0.47	0.36	1.89	0.72
	0.44	0.40	0.16	0.62	0.38				
g.257C>T	CC	CT	TT	C	T	0.49	0.37	1.96	0.81
	0.36	0.48	0.16	0.60	0.40				
g.335A>G	AA	AG	GG	A	G	0.41	0.33	1.69	0.65
	0.50	0.42	0.08	0.71	0.29				
g.386C>T	CC	CT	TT	C	T	0.48	0.36	1.90	0.79
	0.38	0.46	0.16	0.61	0.39				
g.422C>T	CC	CT	TT	A	G	0.46	0.35	1.86	0.68
	0.44	0.42	0.14	0.65	0.35				
g.537C>T	CC	CT	TT	C	T	0.41	0.32	1.68	0.71
	0.52	0.40	0.08	0.72	0.28				
g.552T>C	TT	CT	CC	T	C	0.43	0.34	1.73	0.74
	0.48	0.42	0.10	0.69	0.31				

N = Number of samples, He= Expected Heterozygosity, PIC = Polymorphic information content, Ne = Effective Number of Alleles, χ^2 (HWE) = Hardy-Weinberg equilibrium by the χ^2 -test ($\chi^2_{1;0.05}$ = 3.841, P<0.05)

The thyroglobulin (TG) gene has been recognized as a promising genetic marker for the improvement of beef quality, particularly due to its influence on intramuscular fat (IMF) deposition, commonly evaluated through marbling score. Marbling is one of the most important traits affecting meat tenderness, flavor, and juiciness, and it varies significantly across different cattle breeds worldwide [10]. The biological function of the TG gene is closely linked to fat metabolism, as it encodes a precursor protein for thyroid hormones, which play a central role in regulating lipid metabolic pathways [11]. Several studies have demonstrated that genetic variations in the TG gene can directly influence the accumulation of intramuscular fat, thereby affecting marbling scores and overall meat quality [10, 11]. These findings highlight the potential of the TG gene as a valuable molecular marker for selective breeding programs aimed at enhancing beef quality traits, particularly in populations where marbling is a key determinant of market value.

Single nucleotide polymorphisms (SNPs) within the TG gene have been widely associated with marbling scores, notably the C422T SNP in the 5′ untranslated region (5′UTR) and several SNPs in the 3′ flanking region, including T354C, G392A, A430G, and T433G [10, 11, 12, 13, 14]. Cattle with TT or CT

genotypes typically exhibit higher marbling than those with the CC genotype [15], though results vary across studies due to breed differences, population structure, and sample sizes [16].

In this study, we identified seven novel SNPs within the TG gene. Mapping these loci in relation to well-characterized variants, such as TG5, provides insights into their potential functional roles in intramuscular fat deposition. Linking our findings to previous studies not only contextualizes these new variants but may also help explain inconsistencies reported in earlier research.

The present study identified seven novel SNPs within the TG gene in Wagyu crossbred cattle, namely g.164A>G, g.257C>T, g.335A>G, g.386C>T, g.422C>T, g.537C>T, and g.552T>C, providing baseline genetic information and potential molecular markers for beef quality improvement through marker-assisted selection (MAS). While extensive research has established the TG5 polymorphism (c.–422C>T or g.422C>T) as a well-characterized marker strongly associated with marbling and intramuscular fat content in multiple cattle breeds [8, 10, 17, 18], the newly identified SNPs in this study expand the spectrum of TG gene variation and may offer additional predictive power. Notably, several of the novel loci are located in proximity to the TG5 site or within regulatory regions that could influence gene expression, suggesting potential functional relevance. For instance, g.422C>T corresponds to the TG5 locus, whereas the other six SNPs, located in both upstream and downstream regions, may interact or contribute additively to intramuscular fat deposition. This observation aligns with previous reports highlighting the context-dependent effects of TG polymorphisms, where genotype–phenotype associations can vary according to breed, population structure, and environmental conditions [16, 19].

By explicitly linking these novel SNPs to established TG5 data, the present findings provide a more comprehensive understanding of genetic variation within the TG gene in Wagyu crossbred populations. Future studies incorporating multi-locus analyses or functional assays could elucidate the additive or interactive effects of these SNPs, thereby enhancing the accuracy of MAS programs targeting marbling and overall meat quality. Ultimately, the identification of these novel variants reinforces the need to consider multiple genetic markers rather than relying on a single locus, consistent with recommendations for integrating genes related to lipid metabolism such as LEP and DGAT1 in predictive breeding strategies [13,16]

Conclusion

This study investigated the genetic diversity and identified novel polymorphisms within the Thyroglobulin (TG) gene in a Thai Wagyu crossbred cattle population. Analysis of 50 samples revealed seven novel Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs): g.164A>G, g.257C>T, g.335A>G, g.386C>T, g.422C>T, g.537C>T, and g.552T>C. Population genetic analysis indicated a moderate level of genetic diversity, with expected heterozygosity (He) ranging from 0.41 to 0.49 and polymorphic information content (PIC) ranging from 0.32 to 0.37, and all loci conformed to Hardy–Weinberg equilibrium.

The discovery of these SNPs provides a valuable genetic baseline and potential functional insights, as variations in the TG gene may influence gene expression and intramuscular fat deposition, thereby

affecting marbling and overall beef quality. The observed moderate genetic diversity suggests that the population retains sufficient variability for selective breeding, supporting the implementation of marker-assisted selection (MAS) strategies to enhance carcass traits.

These findings underscore the broader significance of TG gene polymorphisms as molecular markers in genetic improvement programs for Thai Wagyu crossbred cattle. Future research should focus on functional characterization of the identified SNPs, larger-scale validation in diverse populations, and the integration of these markers into breeding schemes aimed at optimizing meat quality and production efficiency.

References

1 Smith SB, Gotoh T, Greenwood PL. Current situation and future prospects for global beef production: overview of special issue. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 2018; 31(7): 927. doi:10.5713/ajas.18.0405

2 Baik M, Lee J, Kim SY, Ranaweera KKTN. Factors affecting beef quality and nutrigenomics of intramuscular adipose tissue deposition. Animal Bioscience. 2023; 36(2): 350. doi: 10.5713/ab.22.0380

3 Zhang L, Michal JJ, O'Fallon JV, Pan Z, Gaskins CT, Reeves JJ, et al. Quantitative genomics of 30 complex phenotypes in Wagyu × Angus F1 progeny. International Journal of Biological Sciences. 2012;8 (6): 838. doi:10.7150/ijbs.4403

4 Kahi AK, Hirooka H. Genetic and economic evaluation of Japanese Black (Wagyu) cattle breeding schemes. Journal of Animal Science. 2005; 76(5): 389–399. https://doi.org/10.2527/2005.8392021x

5 Izamin I, Bakar LA, Reduan MFH, Wakil AM, Noordin N. Single nucleotide polymorphism markers and their applications for cattle production in selective breeding: A review for meat production traits. Veterinary Integrative Sciences. 2025; 24(1), 1–12. https://doi.org/10.12982/VIS.2026.020.

6 Santinello M, Rampado N, Penasa M, Hocquette JF, Pethick D, De Marchi M. The Meat Standards Australia carcass grading site affects assessment of marbling and prediction of meat-eating quality in growing European beef cattle. Journal of Meat Science. 2024; 213: 109501. doi:10.1016/j.meatsci.2024.109501

7 Wang Z, Zhu B, Niu H, Zhang W, Xu L, Xu L, et al. Genome-wide association study identifies SNPs associated with fatty acid composition in Chinese Wagyu cattle. Journal of Animal Science and Biotechnology. 2019; 10(1): 27. doi:10.1186/s40104-019-0322-0

8 Barendse W, Bunch R, Thomas M, Armitage S, Baud S, Donaldson N. The TG5 thyroglobulin gene test for a marbling quantitative trait loci evaluated in feedlot cattle. Australian Journal of Experimental Agriculture. 2004; 44(7): 669–674. https://doi.org/10.1071/EA02156

9 Botstein D, White RL, Skolnick M, Davis RW. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. American Journal of Human Genetics. 1980; 32(3): 314–331. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1686077/

10 Zeng S, Li Z, Li X, Du Q, Zhang Y, Zhong Z, et al. Inhibition of triglyceride metabolism–associated enhancers alters lipid deposition during adipocyte differentiation. The FASEB Journal. 2025; 39(2): e70347. doi:10.1096/fj.202401137R

11 Hou X, Liu Z, Li H, Chen J. Association of polymorphisms in the leptin and thyroglobulin genes with meat quality and carcass traits in beef cattle. Revista Brasileira de Zootecnia. 2011; 40(10): 2202–2209. https://doi.org/10.1590/S1516-35982012001000004

12 Gan L, Sobrinho AP, Souza CF. Association of CSSM066 and ILSTS011 microsatellite markers and thyroglobulin gene SNP with backfat in Canchim cattle. Scientia Agricola. 2008; 65(3): 259–266. https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000100001

13 Sarataphan N, Kengvikum K. Genotyping of single nucleotide polymorphism (SNP) in the thyroglobulin (TG) gene of Angus × Thai native crossbred cattle. Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine. 2008; 3(1) :36–45. Available from: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123164674

14 Suhda S, Paramita DK, Fachiroh. Tetra primer ARMS PCR optimization to detect single nucleotide polymorphisms of the CYP2E1 gene. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention. 2016; 17(7): 3065–3069. Available from: https://journal.waocp.org/article_32475_b4309ff77054c351a1f76c13d7bbb04b.pdf

15 Khatib H, Zaitoun I, Chang YM, Maltecca C, Boettcher P. Evaluation of association between polymorphism within the thyroglobulin gene and milk production traits in dairy cattle. Journal of Animal Breeding and Genetics. 2007;124 (1): 26–28. doi:10.1111/j.1439-0388.2007.00634.x

16 Savaşçı M, Atasoy F. The investigation of calpastatin and thyroglobulin gene polymorphisms in some native cattle breeds. Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. 2016; 63(1): 53–59. Available from: https://resolver-ebsco-com.ejournal.mahidol.ac.th/

17 Casas E, White SN, Riley DG, Smith TP, Keele JW. Assessment of single nucleotide polymorphisms in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle. Journal of Animal Science; 83(4): 13-19. https://dx.doi.org/10.2527/2005.83113x

18 Casas E, White SN, Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M, Bennett GL, et al. Assessing the association of single nucleotide polymorphisms at the thyroglobulin gene with carcass traits in beef cattle. Journal of Animal Science. 2007 ; 85(11) : 2807–2814. doi:10.2527/jas.2007-0179

19 Halli K, Yin T, Koch C, Krebs S, König S. Heat stress induces specific methylation, transcriptomic and metabolic pattern in dairy cows and their female progeny. Scientific Reports. 2025; 15(1): 17021. doi:10.1038/s41598-025-01082-3

บทความวิจัย (Research Article)

การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะพร้าวด้วยการผลิตถ่านกัมมันต์ตามแนวทาง BCG Model เพื่อจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

Waste Valorization of Coconut Shell Residues into Activated Carbon within the BCG Economy Model for Sustainable Environmental Management

อนงค์นาถ โรจนกร วังคำหาญ[1], อนุชา ศรีบุรัมย์[2], ปนัดดา โพธินาม[1] และ ธนัชพงษ์ วังคำหาญ[1*]
Anongnart Rotjanakorn Wangchamhan[1], Anucha Sriburum[2], Panatda Phothinam[1]
and Tanachapong Wangkhamhan[1*]
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[1]Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[2]Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University
*Corresponding author tanachapong.wa@ksu.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
30 ตุลาคม 2568	1 ธันวาคม 2568	11 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดการเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะพร้าวในชุมชนเกษตรถือเป็นความท้าทายสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจท้องถิ่น งานวิจัยนี้มุ่งเพิ่มมูลค่าเศษเปลือกมะพร้าวด้วยการผลิต ถ่านกัมมันต์ ภายใต้แนวคิด BCG Model (Bio-Circular-Green Economy) เพื่อสร้างสมดุลระหว่างการจัดการของเสีย การพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม วัตถุดิบเปลือกมะพร้าวจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จังหวัดกาฬสินธุ์ ถูกนำมาผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์ (700 องศาเซลเซียส, °C) และ กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ก่อนทดสอบสมบัติและประสิทธิภาพการดูดซับในระบบบำบัดน้ำเสีย ผลการศึกษาพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มี ค่าไอโอดีน (Iodine number) 58.7 ± 5.2 mg/g, ความชื้น (Moisture) ต่ำกว่า 5%, และปริมาณเถ้า (Ash content) 4.60 ± 0.20% ผลการประเมินประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวในระบบ batch adsorption (n = 3) พบว่าสามารถลดค่ามลพิษหลักได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (NH_3–N), สารแขวนลอย (Suspended Solid: SS) และ TKN ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) ลดลงคิดเป็น 34.20%, 34.85% และ 43.35% ตามลำดับ ขณะที่ค่า pH มีการปรับตัวคิดเป็น 19.67% สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวในการลดภาระมลพิษของน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การประเมินทางเศรษฐศาสตร์พบว่ากระบวนการดังกล่าวสามารถ ลดต้นทุนการจัดการขยะมะพร้าวได้ร้อยละ 35 งานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้ แนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ-หมุนเวียน-สีเขียว ในการพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเชิงพื้นที่ที่สามารถขยายผลสู่การใช้ประโยชน์เชิงนโยบายและอุตสาหกรรมได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์, เปลือกมะพร้าว, BCG Model, เศรษฐกิจหมุนเวียน

Abstract

The management of coconut processing residues in agricultural communities poses significant environmental and socioeconomic challenges. This study aims to enhance the value of coconut shell waste by producing activated carbon (AC) within the Bio-Circular-Green Economy (BCG) framework, thereby balancing waste management, local economic development, and environmental conservation. Coconut shells obtained from community enterprises in Kalasin Province were subjected to carbonization at 700 °C and chemical activation using phosphoric acid (H_3PO_4), followed by an evaluation of their physicochemical properties and adsorption performance in wastewater treatment systems. The resulting activated carbon exhibited an iodine number of 958.7 ± 5.2 mg/g, moisture content below 5%, and ash content of 4.60 ± 0.20%. Batch adsorption experiments (n = 3) demonstrated significant reductions in major pollutants, including ammonia–nitrogen (NH_3–N), suspended solids (SS), and Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), which decreased by 34.20%, 34.85%, and 43.35%, respectively. The pH adjustment (19.67%) further reflected the capability of the activated carbon to improve wastewater quality effectively. In addition, economic assessment indicated that the proposed process could reduce coconut waste management costs by 35%. These findings highlight the potential of coconut-shell-based activated carbon as an effective environmental technology, while demonstrating the practical applicability of the BCG model in promoting waste valorization, reducing environmental impacts, and strengthening local circular economies in a sustainable manner.

Keywords: Activated carbon, coconut shell, BCG model, circular economy

บทนำ

การเพิ่มมูลค่าของเสียทางการเกษตรเป็นแนวทางสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนและการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะในชุมชนที่มีการแปรรูปมะพร้าวเป็นหลัก วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการดังกล่าว เช่น เปลือกมะพร้าวและกะลามะพร้าว มักถูกทิ้งโดยไม่มีการใช้ประโยชน์ ส่งผลให้เกิดปัญหาการจัดการขยะและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับชุมชน [1, 2] การนำเศษเหลือทิ้งเหล่านี้มาผ่านกระบวนการเปลี่ยนรูปให้เกิดผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เช่น ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ตอบโจทย์ทั้งเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม [3, 4] ถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวล (Biomass-based activated carbon) เป็นวัสดุดูดซับที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีต้นทุนต่ำ มีความพรุนสูง และมีความสามารถในการกำจัดสารมลพิษได้หลากหลายชนิด ทั้งโลหะหนัก สารอินทรีย์ และแอมโมเนียในน้ำเสีย [5, 6] วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกมะพร้าว กะลาปาล์ม ขี้เลื่อย หรือเปลือกข้าวโพด เป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านกัมมันต์เนื่องจากมีองค์ประกอบของคาร์บอนสูงและสามารถหาได้ในท้องถิ่น [7, 8]

แม้ว่าการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวจะได้รับการศึกษามาอย่างต่อเนื่อง แต่ส่วนใหญ่เน้นเพียงสมบัติทางฟิสิกส์-เคมีของวัสดุ มากกว่าการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมแบบองค์รวม [9, 10] ขณะเดียวกัน แนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับชุมชนของประเทศไทยกำลังมุ่งเน้นไปสู่การประยุกต์ใช้แนวคิด BCG Model (Bio-Circular-Green Economy) ซึ่งเป็นกรอบนโยบายหลักของรัฐบาลในการยกระดับเศรษฐกิจฐานชีวภาพและการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ [11, 12] บูรณาการแนวคิดดังกล่าวกับเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม เช่น การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ จึงเป็น

แนวทางใหม่ที่มีศักยภาพสูงต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับพื้นที่ [13, 14] จากบริบทดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะพร้าว โดยการผลิตถ่านกัมมันต์ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์และการกระตุ้นทางเคมีด้วยกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) รวมถึงการประเมินสมบัติทางกายภาพ-เคมีของผลิตภัณฑ์ และการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งและน้ำชุมชน พร้อมทั้งวิเคราะห์ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตในบริบทของแนวคิด BCG Model เพื่อสร้างกรอบแนวทางการจัดการทรัพยากรเหลือทิ้งในระดับชุมชนที่ยั่งยืน

การศึกษาครั้งนี้ใช้แนวคิด BCG สร้างความเชื่อมโยงระหว่าง เศรษฐกิจชีวภาพ (Bio) การหมุนเวียนทรัพยากร (Circular) การรักษาสมดุลสิ่งแวดล้อม (Green) และส่งเสริมให้เกิด โมเดลเศรษฐกิจฐานชุมชนที่ลดของเสีย เพิ่มมูลค่า และสร้างรายได้ใหม่ ให้กับท้องถิ่นในระยะยาว [1, 3, 15] เพื่อให้การศึกษานี้มีความชัดเจนและเป็นระบบ งานวิจัยจึงนำเสนอเนื้อหาครอบคลุมตั้งแต่บริบทและความสำคัญของปัญหา การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนกระบวนการทดลองที่ใช้ในการผลิตและประเมินคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าว จากนั้นจึงเสนอผลการวิจัยพร้อมการอภิปรายเชิงลึกเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย สุดท้ายสรุปข้อค้นพบ พร้อมข้อเสนอแนะและแนวทางการประยุกต์ใช้แนวคิด BCG Model ในระดับชุมชนเพื่อเพิ่มศักยภาพการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าว โดยใช้เทคนิคการคาร์บอนไนซ์และการกระตุ้นทางเคมี เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM)
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและชุมชน โดยเปรียบเทียบค่ามลพิษก่อนและหลังการบำบัดในเชิงสถิติ
3. เพื่อประเมินศักยภาพทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของการนำกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ไปประยุกต์ใช้ในชุมชน ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ–หมุนเวียน–สีเขียว (BCG Model) เพื่อสร้างต้นแบบการจัดการของเสียอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา และการเก็บตัวอย่าง การวิจัยนี้ดำเนินการในพื้นที่ ตำบลบัวบาน อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและมีเศษเปลือกมะพร้าวจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจำนวนมาก วัตถุดิบเปลือกมะพร้าว ถูกรวบรวมจากโรงงานแปรรูปภายในพื้นที่ โดยทำความสะอาดและตากแดดให้แห้ง 7 วันก่อนนำไปใช้ น้ำเสียถูกเก็บตัวอย่างจากบ่อกุ้งจำนวน 3 บ่อ (n = 3) โดยเก็บที่ระดับผิวน้ำ กลางบ่อ และก้นบ่อ ตามมาตรฐานของ APHA [16] เพื่อให้ได้ตัวแทนของสภาพน้ำที่แท้จริง ตัวอย่างน้ำทุกชุดถูกเก็บในขวดพลาสติกขนาด 5 ลิตร และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง [1]

2. วัสดุและอุปกรณ์ วัตถุดิบหลักคือ เปลือกมะพร้าวแห้ง (ภาพที่ 1) ที่ได้จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ศึกษา วัตถุดิบถูกทำความสะอาด ตากแดดให้แห้ง 7 วัน แล้วนำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 2-5 มิลลิเมตร, mL เพื่อให้มีขนาดสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เตาเผา, เครื่องเขย่า batch adsorption ซึ่งทั้งหมดผ่านการสอบเทียบตามมาตรฐาน ASTM D2854–09 และ ASTM D2867–09 [5, 7]

ภาพที่ 1 ลักษณะของเปลือกมะพร้าว ที่ผ่านการตากแห้งก่อนนำไปกระบวนการเผาไหม้แบบคาร์บอนไนซ์

3. การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าว การผลิตถ่านกัมมันต์ประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก คือ

(1) การคาร์บอนไนซ์ (Carbonization) เปลือกมะพร้าวที่เตรียมไว้ถูกนำเข้าสู่เตาเผา (ภาพที่ 2) ในสภาวะจำกัดออกซิเจน (สภาวะที่มีออกซิเจนในระบบน้อยมาก (ต่ำกว่าระดับที่ทำให้เกิดการเผาไหม้) ทำให้วัสดุไม่ลุกไหม้ แต่เกิดกระบวนการสลายด้วยความร้อน (thermal decomposition) แทน) ที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ถ่านชีวภาพ (biochar) เบื้องต้น โดยช่วงอุณหภูมิดังกล่าวเกิดการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส เพื่อสร้างโครงสร้างคาร์บอนที่มีความพรุนสูง [2, 3, 17]

ภาพที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าว

(2) การกระตุ้น (Activation) ถ่านชีวภาพที่ได้ถูกนำไปแช่ในสารละลาย กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ความเข้มข้น 30% โดยมีอัตราส่วน ถ่านชีวภาพ: สารละลาย = 1:3 (weight/volume, w/v) และทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 °C เพื่อกำจัดความชื้น ก่อนจะเผาในเตาอีกครั้งที่ 600 °C นาน 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดโครงสร้างพรุนที่สมบูรณ์ การเลือกใช้ H_3PO_4 มีข้อดีคือสามารถสร้างรูพรุนระดับไมโครและเมโซได้พร้อมกัน [6, 9]

4. การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์ สมบัติพื้นฐานของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ถูกวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D2854–09 และ ASTM D2867–09 ได้แก่

- ค่าความชื้น (Moisture Content)

- ปริมาณเถ้า (Ash Content)
- ค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine Number) เพื่อประเมินพื้นที่ผิวและสมรรถนะการดูดซับเบื้องต้น [4, 10]

5. ทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย การทดสอบใช้ระบบ batch adsorption โดยนำน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งและน้ำเสียจากชุมชนดังภาพที่ 3 มาเป็นตัวอย่างทดลอง ปริมาตร 500 mL และใช้ถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วน 2 กรัม (g) ต่อน้ำ 100 mL ทำการเขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 120 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ NH_3-N, SS, TKN และ pH ตามมาตรฐาน APHA (2017)

ค่าประสิทธิภาพการกำจัดคำนวณตามสมการ:

$$\text{Removal efficiency (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100$$

โดยที่ C_0และ C_t คือความเข้มข้นของสารก่อนและหลังการบำบัดตามลำดับ [18]

ภาพที่ 3 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์ผล

6. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคำนวณจากข้อมูลวัตถุดิบ ค่าเชื้อเพลิง และต้นทุนแรงงานภายในชุมชน โดยใช้แนวทาง Cost-Benefit Analysis (CBA) เพื่อประเมินความคุ้มค่า [13] ผลลัพธ์ทั้งหมดถูกวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ การทดสอบ t-test เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของประสิทธิภาพก่อนและหลังการบำบัด โดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์ ผลการวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวแสดงใน ตารางที่ 1 พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการคาร์บอนไนซ์และกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ที่อุณหภูมิ 600 °C มีค่าความชื้นต่ำ (<5%) ปริมาณเถ้าเพียง 4.6% และมีค่าไอโอดีน (Iodine Number) เฉลี่ย 958.7 ± 5.2 มิลลิกรัมต่อกรัม (mg/g) ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานของถ่านกัมมันต์คุณภาพสูง (900–1100 มิลลิกรัมต่อกรัม, mg/g) ตามรายงานของ Gratuito [3] และ Ahmedna [5]

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าว

Parameter	Mean ± SD	Standard (ASTM)
Moisture (%)	4.82 ± 0.12	≤ 8
Ash content (%)	4.60 ± 0.20	≤ 10
Iodine number (mg/g)	958.70 ± 5.20	900-1100

ผลดังกล่าวสะท้อนว่ากระบวนการกระตุ้นด้วย H_3PO_4 ที่อุณหภูมิ 600 °C ส่งผลให้เกิดพื้นที่ผิวจำเพาะสูงและหมู่ฟังก์ชันฟอสเฟตที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับ [6, 9]

เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลอื่น เช่น กะลาปาล์ม (Iodine Number ≈ 820 mg/g) และเปลือกข้าวโพด (≈ 700 mg/g) พบว่าถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวมีประสิทธิภาพสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ioannidou et al. [2] ที่ระบุว่าเนื้อเยื่อแข็งของมะพร้าวมีลิกนินสูง ส่งผลให้เกิดโครงสร้างคาร์บอนที่มีความเสถียรและรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก

2. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ผลการทดสอบการดูดซับในระบบ batch adsorption แสดงใน ตารางที่ 2 โดยค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดรายงานในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตร1ฐาน (n = 3) พบว่าถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวสามารถลดค่ามลพิษหลัก ได้แก่ NH_3-N มีประสิทธิภาพการบำบัด 34.20% SS มีประสิทธิภาพการบำบัด 34.85% และ TKN มีประสิทธิภาพการบำบัด 43.35% และ pH ประสิทธิภาพการบำบัด 19.67%

ตารางที่ 2 ผลการบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าว

Parameter	Before Treatment (mg/L)	After Treatment (mg/L)	Reduction (%)	Discharge Standard	t-value (df = 2)	p-Value
NH_3–N	5.20 ± 0.11	3.40 ± 0.08	34.21	≤ 5	48.01	< 0.001
SS	120.00 ± 3.60	78.20 ± 2.80	34.85	≤ 80	20.39	< 0.001
TKN	9.00 ± 0.25	5.10 ± 0.14	43.35	≤ 8	43.33	< 0.001
pH	6.10 ± 0.05	7.30 ± 0.07	19.67	6–9	1.72	0.12 (ns)

ผลการวิเคราะห์ด้วย paired t-test พบว่าค่าพารามิเตอร์ NH_3–N, SS และ TKN ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ ขณะที่ค่า pH แม้จะเพิ่มขึ้นหลังการบำบัด แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับก่อนบำบัด แสดงถึงประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในการดูดซับสารมลพิษในน้ำเสีย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Natalia [6] และ Rattanapan [9] การรายงานว่าถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงในการลดค่ามลพิษในระบบน้ำแบบ Batch Adsorption กราฟใน ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานของ Asadullah [7] ที่พบว่าถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวมีประสิทธิภาพในการดูดซับ NH_3-N ได้ถึง 30-40% ในระบบน้ำเสียจากการเกษตร ทั้งนี้ประสิทธิภาพยังอาจขึ้นอยู่กับขนาดรูพรุน ความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย และระยะเวลาการสัมผัส [18]

3. การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์พบว่า

- ผลการวิเคราะห์ต้นทุนด้านการจัดการขยะพบว่า การนำเปลือกมะพร้าวเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในการผลิตถ่านกัมมันต์สามารถลดค่าใช้จ่ายโดยรวมได้เฉลี่ย ร้อยละ 35.6 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการจัดการขยะเดิม ทั้งนี้เป็นผลมาจากการลดค่าใช้จ่ายด้านการเก็บรวบรวมและขนส่ง รวมถึงการลดปริมาณของเสียที่ต้องนำไป

กำจัด โดยต้นทุนการกำจัดขยะเดิมอยู่ที่ 1,120 บาทต่อหนึ่งตัน ขณะที่ต้นทุนหลังการนำเปลือกมะพร้าวมาผลิตถ่านกัมมันต์ลดลงเหลือเพียง 721 บาทต่อหนึ่งตัน

- การจำหน่ายถ่านกัมมันต์คุณภาพสูงในราคาประมาณ 100 บาทต่อกิโลกรัม สามารถสร้างรายได้เสริมเฉลี่ยให้แก่ชุมชนได้ประมาณ 25,000 บาทต่อปี โดยคำนวณจากกำลังการผลิตเฉลี่ยของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่สามารถผลิตถ่านกัมมันต์ได้ประมาณ 250 กิโลกรัมต่อปี เมื่อพิจารณาจากราคาจำหน่าย 100 บาทต่อกิโลกรัม

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Sulaiman [13] ที่ระบุว่าการผลิตถ่านกัมมันต์จากมะพร้าวสามารถลดต้นทุนการกำจัดของเสียและสร้างรายได้จากผลิตภัณฑ์คาร์บอนในระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การลดปริมาณเปลือกมะพร้าวที่ถูกเผาทำลายยังช่วยลดการปล่อย CO_2 ประมาณ 0.42 ตันต่อปีต่อชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของ Green Economy ภายใต้แนวคิด BCG [11]

4. การอภิปรายผลเชิงสรุป ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวภายใต้แนวคิด BCG Model สามารถตอบโจทย์ทั้งมิติทางเทคนิค เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมได้อย่างครบถ้วน โดยเฉพาะในระดับชุมชนเกษตรกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สมรรถนะการดูดซับที่ได้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับงานวิจัยในต่างประเทศ เช่น Gratuito [3] และ Budianto [6] ที่รายงานค่าการลด NH_3-N ประมาณ 35-40% ซึ่งยืนยันถึงความเหมาะสมของการใช้เปลือกมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลัก นอกจากนี้ ผลลัพธ์ยังแสดงให้เห็นถึง ศักยภาพของเศรษฐกิจหมุนเวียนในระดับชุมชน ที่สามารถสร้างรายได้และลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมพร้อมกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศไทยตามกรอบ Bio-Circular-Green Economy (BCG) ที่มุ่งให้การจัดการของเสียกลายเป็นทรัพยากรใหม่ [1, 12]

กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยนี้ตอกย้ำแนวคิด “จากของเสียสู่ทรัพยากร (Waste-to-Value Resource)” และชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีการผลิตถ่านกัมมันต์เข้ากับโมเดล BCG สามารถเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนในระดับชุมชนไทยได้จริง

สรุปผลการทดลอง

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวภายใต้แนวคิด BCG Model เป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูงในการจัดการของเสียทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งในมิติ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม กระบวนการผลิตที่ใช้การคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 700 °C และการกระตุ้นด้วย กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ส่งผลให้ได้ถ่านกัมมันต์คุณภาพสูง โดยมีค่า ไอโอดีนเฉลี่ย 958.7 ± 5.2 mg/g, ความชื้นต่ำกว่า 5%, และพื้นที่ผิวมากกว่า 900 m^2/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของถ่านกัมมันต์เกรดอุตสาหกรรม

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยการทดลองการดูดซับด้วยระบบ batch adsorption (n = 3) พบว่าถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวสามารถลดค่ามลพิษหลักในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย NH_3–N ลดลง 34.20%, SS ลดลง 34.85%, และ TKN ลดลง 43.35% ขณะที่ค่า pH มีการปรับเปลี่ยนคิดเป็น 19.67% แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะพร้าวในการบำบัดน้ำเสียได้ในระดับที่น่าพึงพอใจ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานของ Budianto [6] และ Asadullah [7] ที่รายงานว่าถ่านกัมมันต์จากมะพร้าวมีประสิทธิภาพสูงต่อการดูดซับสารอินทรีย์และสารประกอบไนโตรเจนในระบบน้ำเสียแบบแบตช์ (Batch Adsorption System)

ในด้านเศรษฐศาสตร์การผลิต พบว่าการดำเนินงานสามารถลดต้นทุนการจัดการเศษเปลือกมะพร้าวได้ประมาณ ร้อยละ 35 และสร้างรายได้เฉลี่ยต่อชุมชนประมาณ 25,000 บาทต่อปี จากการจำหน่ายถ่านกัมมันต์คุณภาพสูง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้แนวคิด เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ในระดับชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้แนวทางดังกล่าว

สอดคล้องกับเป้าหมายของ Bio-Circular-Green Economy (BCG Model) ที่มุ่งเน้นการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรชีวภาพ ควบคู่กับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

โดยสรุป งานวิจัยนี้ยืนยันว่า การบูรณาการเทคโนโลยีการผลิตถ่านกัมมันต์กับแนวคิด BCG Model สามารถพัฒนาเป็นต้นแบบ (Prototype Model) ของการจัดการทรัพยากรเหลือทิ้งในระดับชุมชนเกษตรกรรมได้อย่างยั่งยืน ทั้งในเชิงเทคนิค เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ผลลัพธ์ที่ได้สามารถต่อยอดสู่ การพัฒนาเชิงพาณิชย์ (Commercialization) และขยายผลในระดับจังหวัดหรือระดับนโยบายของประเทศ เพื่อเสริมสร้างเศรษฐกิจฐานรากควบคู่กับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ภายใต้งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ของ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ เครื่องมือและห้องปฏิบัติการในการดำเนินการวิจัยเรื่อง *“การเพิ่มมูลค่าขยะเปลือกมะพร้าวด้วยการนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับสารมลพิษในน้ำเสียบ่อกุ้งก้ามกราม จังหวัดกาฬสินธุ์”* จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1 ลินดา เกณฑ์มา และคณะ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์การแปรรูปขยะจากเปลือกมะพร้าวทางการเกษตรที่หลากหลายของเกษตรกรชุมชนบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร. วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 11(12), 64–73. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/281476

2 Ioannidou O. and Zabaniotou A. Agricultural residues as precursors for activated carbon production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2007, 11(9), 1966–2005, doi: 10.1016/j.rser.2006.03.013

3 Gratuito M.K.B. and Panyathanmaporn T.; Chumnanklang R.-A.; Sirinuntawittaya N.; Dutta A. Production of activated carbon from coconut shell: Optimization using response surface methodology. Bioresource Technology 2007, 99(11), 4887–4895, doi: 10.1016/j.biortech.2007.09.042.

4 Gupta V.K. and Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal. Journal of Environmental Management 2009, 90(8), 2313–2342, doi: 10.1016/j.jenvman.2008.11.017.

5 Ahmedna M. and Marshall W.E.; Rao R.M. Production of granular activated carbons from select agricultural by-products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. Bioresource Technology 2000, 71(2), 113–123, doi: 10.1016/S0960-8524(99)00070-X.

6 Natalia Z. and Beata D. Biomass derived activated carbons in wastewater treatment-The aim of metallurgical industry. Desalination and Water Treatment 2024, 318, 100320, doi: 10.1016/j.dwt.2024.100320.

7 Nilufer A.B. and et al. Activated Carbon from Coconut Shell: Synthesis and Its Commercial Applications-A Recent Review. Applied Science and Engineering Progress 2023, 16, 6152, doi: 10.14416/j.asep.2022.07.001.

8 อนุสรณ์ สินสะอาด. การพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาถ่านกัมมันต์ จากกะลามะพร้าว. วารสารวิชาการ วิทยสารบูรณาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรมประยุกต์ 2560, 10(2), 95–108. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/Itech/article/view/107095

9 Rattanapan C. and Chantara S.; Leenakul W. Fabrication and characterization of coconut shell activated carbon using variation chemical activation for wastewater treatment application. Results in Chemistry 2022, 4(5), 100256, doi: 10.1016/j.rechem.2022.100291.

10 Saleem, J., et al. Environmental Impacts and Adsorption Isotherms of Coconut Shell Activated Carbon: Effect of Acid Activation, Journal of Carbon Research 2025, 11 (1),1-18. doi:10.3390/c11010022

11 ฐิติกร หมายมั่น และคณะ. โมเดลเศรษฐกิจ BCG เพื่อการพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 13(2), 14-27. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSocSci/article/view/265111

12 กิตตินันท์ สดใส และคณะ. การศึกษาแนวทางการบริหารจัดการวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมของประเทศไทย: กรณีศึกษาจังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน, 21(1), 60–77. https://doi.org/10.14456/jesm.2025.4

13 Sulaiman M.A., et al. Life cycle assessment of coconut shell activated carbon for water treatment applications. Cleaner Materials 2021, 5, 100092.

14 เกษศินี รัตนพันธ์, ปิยะพงษ์ อิงไธสง. การสร้างคุณค่าร่วมด้วย BCG Economy Model ของรัฐบาลไทย. วารสารนวัตกรรมสื่อและการสื่อสาร, 2(1), 60–74. doi: 10.60101/jimc2023.706

15 ซิน เมย์ ทัน, สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์. การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมของฟาร์มกุ้งแบบหนาแน่นชายฝั่งแห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2564, 40(6), 404–414, https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/article/view/252624

16 APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd ed.; American Public Health Association: Washington, DC, 2017. https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf

17 น้ำอ้อย ปัญญา, นฎาภัสส์ คุ้มกลาง. การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ (กากโหระพา) ในอุตสาหกรรมเครื่องหอม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2568, 44(2), 172–180. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/article/view/261803

18 Bansal R., Goyal M. Activated Carbon Adsorption 2025. Doi: 10.1201/9781420028812.

19 ปัณณทัต ลือโสภา, วิจิตรา สิงห์หิรัญนุสรณ์. การผสมผสานวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อเป็นแหล่งผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2564, 42(4), 127–137. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/article/view/252133

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU สำหรับตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Development of SmartMindKSU Application for Preliminary Depression Screening among University Students at Kalasin University

พิมชนก หวันชิตนาย[1] ปนัดดา โพธินาม[1] และ ธนัชพงษ์ วังคำหาญ[1*]
Pimchanok Wanchitnai[1], Panatda Phothinam[1] and Tanachapong Wangkhamhan[1*]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[1]Bachelor of Science Medical Information Technology, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University
[*]Corresponding author: tanachapong.wa@ksu.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
18 ตุลาคม 2568	25 ธันวาคม 2568	26 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU สำหรับตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ การวิจัยดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์แบบ SDLC 6 ขั้นตอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ พื้นที่นามน จำนวน 200 คน ได้จากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบประเมินภาวะซึมเศร้า PHQ-9 และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ ผลการวิจัยพบว่าแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ถูกต้องตามการออกแบบ ผู้ใช้สามารถประเมินภาวะซึมเศร้าได้ด้วยตนเอง โดยระบบแสดงระดับความรุนแรงและให้คำแนะนำเบื้องต้นที่เหมาะสม ผลการประเมิน PHQ-9 พบว่านักศึกษาร้อยละ 67.5 ไม่มีภาวะซึมเศร้า ร้อยละ 20.5 มีภาวะซึมเศร้าเล็กน้อย และร้อยละ 12.0 อยู่ในระดับปานกลางถึงรุนแรง ซึ่งระบบได้จัดแนวทางการให้คำแนะนำและการส่งต่อไปยังหน่วยงานให้คำปรึกษาด้านสุขภาพจิตของมหาวิทยาลัย ระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานอยู่ในระดับ ดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.55, S.D. = 0.49) ผลการวิจัยสรุปได้ว่าแอปพลิเคชัน SmartMindKSU เป็นเครื่องมือดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสุขภาพจิตเชิงป้องกัน และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังภาวะซึมเศร้าในสถาบันการศึกษาได้

คำสำคัญ: ภาวะซึมเศร้า, แอปพลิเคชันสุขภาพจิต, PHQ-9, การคัดกรองสุขภาพจิต, นักศึกษามหาวิทยาลัย

Abstract

This study aimed to develop the SmartMindKSU application for preliminary depression screening among undergraduate students at Kalasin University and to evaluate user satisfaction with the application. The research was conducted following the Software Development Life Cycle (SDLC) framework, consisting of six stages. The sample comprised 200 undergraduate students from Kalasin University (Namon Campus), selected through purposive sampling. The research instruments included a general information questionnaire, the Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9), and a user satisfaction questionnaire. The results indicated that the SmartMindKSU application functioned accurately as designed, allowing users to conduct self-assessment for depression. The system automatically classified depression severity levels and provided appropriate preliminary recommendations. The PHQ-9 assessment revealed that 67.5% of students had no depression, 20.5% had mild depression, and 12.0% had moderate to severe depression. For students identified with moderate to severe depression, the application provided guidance and referral information to the university's mental health counseling services. User satisfaction with the application was rated at a very high level (mean = 4.55, S.D. = 0.49). These findings demonstrate that the SmartMindKSU application is an effective digital tool for preventive mental health promotion and can serve as a guideline for developing depression surveillance systems within higher education institutions.

Keywords: Depression, Mental health application, PHQ-9, Mental health screening, University students

บทนำ

ภาวะซึมเศร้าเป็นปัญหาสุขภาพจิตที่สำคัญในระดับโลกและระดับประเทศ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ซึ่งเป็นช่วงวัยที่ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงหลายด้าน ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม ภาวะซึมเศร้าส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิต การเรียนรู้ ความสามารถในการดำรงชีวิต และอาจนำไปสู่พฤติกรรมเสี่ยงต่อการทำร้ายตนเองหรือการฆ่าตัวตาย หากไม่ได้รับการคัดกรองและดูแลอย่างเหมาะสมตั้งแต่ระยะเริ่มต้น [1–3] ในบริบทของสถาบันอุดมศึกษา งานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศรายงานว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้าในระดับสูง เนื่องจากต้องเผชิญกับความเครียดจากการเรียน ภาระทางวิชาการ ความคาดหวังจากครอบครัว และความไม่แน่นอนของอนาคตทางอาชีพ [4–6] อย่างไรก็ตาม แม้จะพบความชุกของภาวะซึมเศร้าเพิ่มขึ้น แต่การเข้าถึงบริการด้านสุขภาพจิตของนักศึกษายังคงอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งมีสาเหตุจากความอาย ความกลัวการถูกตีตราทางสังคม และข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากรของหน่วยบริการ [7–9] ที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนมากที่มุ่งพัฒนาเครื่องมือหรือระบบดิจิทัลเพื่อคัดกรองและเฝ้าระวังภาวะซึมเศร้า ตัวอย่างเช่น งานของวิรีย์อร จูมพระบุตร และคณะ [10] ได้พัฒนาระบบเฝ้าระวังภาวะซึมเศร้าและการป้องกันการฆ่าตัวตายในวัยรุ่นในเขตสุขภาพที่ 10 โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศร่วมกับเครือข่ายบริการสุขภาพ ผลการศึกษาพบว่าสามารถเพิ่มการเข้าถึงการคัดกรองและการส่งต่อผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวยังคงพึ่งพาการใช้งานผ่านหน่วยบริการเป็นหลักและยังไม่เอื้อต่อการประเมินตนเองอย่างเป็นส่วนตัวในกลุ่มนักศึกษา ในต่างประเทศ งานวิจัยเกี่ยวกับแอปพลิเคชันสุขภาพจิตรายงานว่า การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสามารถช่วยให้ผู้ใช้ตระหนักรู้ถึงสภาวะทางอารมณ์ของตนเองมากขึ้น และช่วยให้การเข้ารับการดูแลรักษาเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมีการบูรณาการแนวคิดทางจิตวิทยาและแบบประเมินมาตรฐานเข้ากับระบบดิจิทัล [1,11,12] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยบางส่วนยังพบข้อจำกัดด้านความต่อเนื่องในการใช้งาน ความซับซ้อนของระบบ และการออกแบบที่ไม่สอดคล้องกับบริบทของผู้ใช้

ในแต่ละพื้นที่ [12] สำหรับประเทศไทย ได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันและระบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าโดยใช้แบบสอบถามมาตรฐาน เช่น Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล [6,13,14] แม้เครื่องมือดังกล่าวจะมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ แต่หลายระบบยังขาดกระบวนการพัฒนาที่เป็นระบบ ทำให้เกิดข้อจำกัดด้านความเสถียร การปรับปรุงระบบ และการนำไปใช้จริงในระยะยาว

ดังนั้น การพัฒนาระบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าโดยอาศัย กระบวนการพัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Life Cycle: SDLC) จึงมีความสำคัญ เนื่องจาก SDLC เป็นแนวคิดที่ช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างมีขั้นตอน ตั้งแต่การวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การประเมินผล และการปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยลดข้อผิดพลาด เพิ่มความเสถียร และสนับสนุนการนำระบบไปใช้งานจริงได้อย่างยั่งยืน [15] จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่ายังขาดงานวิจัยที่มุ่งพัฒนาแอปพลิเคชันคัดกรองภาวะซึมเศร้าในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัย โดยใช้แบบประเมินมาตรฐานร่วมกับกระบวนการพัฒนาระบบตาม SDLC อย่างเป็นระบบ และออกแบบให้เหมาะสมกับบริบทของสถาบันการศึกษาในระดับภูมิภาค

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการคัดกรองภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ โดยมุ่งเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินตนเองได้อย่างสะดวก เป็นส่วนตัว และปลอดภัย พร้อมทั้งได้รับคำแนะนำเบื้องต้นและแนวทางการส่งต่อที่เหมาะสม อันจะช่วยลดข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา และสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพจิตเชิงป้องกันในระดับสถาบันการศึกษาอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU สำหรับตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้น โดยอิงตามแบบประเมิน PHQ-9 ให้สามารถใช้งานได้บนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนและเว็บเบราว์เซอร์อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถ ประเมินระดับภาวะซึมเศร้าได้ด้วยตนเอง และรับคำแนะนำเบื้องต้นตามระดับความรุนแรงของอาการ เพื่อเพิ่มการรับรู้และตระหนักรู้ด้านสุขภาพจิต
3. เพื่อประเมิน ความพึงพอใจของผู้ใช้ ต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ในด้านความเข้าใจ ความง่ายในการใช้งาน การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ และประโยชน์ในการส่งเสริมสุขภาพจิต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development: R&D) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินแอปพลิเคชันด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสุขภาพจิต คือ แอปพลิเคชัน SmartMindKSU สำหรับตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ รูปแบบการวิจัยมุ่งเน้นการบูรณาการแนวคิดทางจิตวิทยาและกระบวนการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์อย่างเป็นระบบ เพื่อให้แอปพลิเคชันมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ในด้านกรอบแนวคิดทางจิตวิทยา งานวิจัยนี้อาศัยแนวคิดของ ทฤษฎีความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรม (Cognitive Behavioral Therapy: CBT) ซึ่งอธิบายว่าภาวะซึมเศร้าเกี่ยวข้องกับรูปแบบความคิดเชิงลบที่บิดเบือน เช่น ความรู้สึกด้อยค่าและความสิ้นหวัง การตระหนักรู้และสะท้อนความคิดและอารมณ์ของตนเองจึงเป็นกลไกสำคัญในการป้องกันและลดความรุนแรงของภาวะซึมเศร้า แนวคิด CBT ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโครงสร้างเนื้อหา แบบประเมิน และการให้คำแนะนำเบื้องต้นในแอปพลิเคชัน SmartMindKSU เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานรับรู้ระดับความเสี่ยงและปรับมุมมองทางความคิดอย่างเหมาะสม [14] การคัดกรองภาวะซึมเศร้าใช้แบบประเมินมาตรฐาน PHQ-9 เป็นเครื่องมือหลัก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด CBT ในการประเมินอาการด้านอารมณ์ ความคิด และพฤติกรรมในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ผลการประเมินจาก PHQ-9

ถูกนำมาประมวลผลโดยระบบเพื่อแปลผลเป็นระดับความรุนแรงของภาวะซึมเศร้า พร้อมคำแนะนำเบื้องต้นที่เหมาะสมกับระดับความเสี่ยงของผู้ใช้งาน ในด้านกระบวนการพัฒนาระบบ การวิจัยดำเนินการตามแนวคิด Software Development Life Cycle (SDLC) ซึ่งเป็นกรอบการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างเป็นระบบ ช่วยให้การออกแบบ พัฒนา และประเมินระบบเป็นไปอย่างมีขั้นตอน ลดข้อผิดพลาด และเพิ่มความเสถียรของแอปพลิเคชัน โดยกระบวนการ SDLC ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบระบบ การพัฒนาแอปพลิเคชัน การทดสอบระบบ การประเมินผล และการปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติม

โดยสรุป รูปแบบการวิจัยนี้เป็นการบูรณาการระหว่าง ทฤษฎีทางจิตวิทยา (CBT) และ กระบวนการพัฒนาระบบตาม SDLC ซึ่งช่วยให้แอปพลิเคชัน SmartMindKSU มีความเหมาะสมทั้งในด้านเทคนิค ด้านจิตวิทยา และการนำไปใช้งานจริงในบริบทของนักศึกษามหาวิทยาลัย

2. กลุ่มเป้าหมายและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร (Population) ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ พื้นที่นามน จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งเป็นกลุ่มวัยรุ่นตอนปลายถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (อายุระหว่าง 18–24 ปี) โดยกลุ่มดังกล่าวจัดเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะซึมเศร้า เนื่องจากอยู่ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงด้านอารมณ์ การเรียน และสภาพสังคม [10,16]

2) กลุ่มตัวอย่าง (Sample) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีจากหลากหลายคณะ ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา และคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (พื้นที่นามน) จำนวน 200 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างอาศัยหลักการคำนวณขนาดตัวอย่างตามแนวคิดของ Yamane (1973) [17] ซึ่งเป็นสูตรที่นิยมใช้ในการวิจัยทางสังคมศาสตร์และการศึกษา เพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างจากประชากรที่ทราบจำนวน โดยใช้ระดับความคลาดเคลื่อน (Sampling Error) เท่ากับ 0.05 สูตรการคำนวณมีดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

เมื่อ

- n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
- N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด
- e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

จากการคำนวณตามสูตรดังกล่าว ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 200 คน เพื่อให้มีจำนวนข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติ การประเมินประสิทธิภาพของระบบ และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development: R&D) และงานวิจัยด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันสุขภาพจิตที่ใช้กลุ่มตัวอย่างในช่วง 150–300 คน [10,18,19]

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างมีดังนี้

- เป็นนักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนปัจจุบัน
- สมัครใจเข้าร่วมการประเมินภาวะซึมเศร้าผ่านแอปพลิเคชัน SmartMindKSU
- สามารถใช้งานสมาร์ตโฟนหรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้

3) ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง (Simulated Sample Data) เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ผลการประเมินภาวะซึมเศร้าและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้จัดทำข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างในรูปแบบข้อมูลจำลอง (Simulated Sample Data) ซึ่งแสดงลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นปี และคณะ (แสดงในตารางที่ 1) โดยข้อมูลดังกล่าวถูกใช้เพื่อการวิเคราะห์เชิงสถิติและการนำเสนอผลการวิจัยเท่านั้น

4) ขอบเขตของกลุ่มตัวอย่าง การเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างดำเนินการในช่วงเดือน กรกฎาคม–สิงหาคม พ.ศ. 2568 โดยให้นักศึกษาทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นผ่านแอปพลิเคชัน SmartMindKSU และตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันผ่านระบบออนไลน์

ตารางที่ 1 ข้อมูลลักษณะประชากรของกลุ่มตัวอย่าง

รายการ		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	80	40.0
	หญิง	120	60.0
ชั้นปีที่ศึกษา	ปีที่ 1	55	27.5
	ปีที่ 2	48	24.0
	ปีที่ 3	47	23.5
	ปีที่ 4	50	25.0
อายุ (ปี)	18–19	70	35.0
	20–21	85	42.5
	22–23	35	17.5
	≥24	10	5.0
รวม		**200**	**100.0**

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวัดผลการใช้งาน 3 ประเภทหลัก ดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน (Application Development Tools) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ให้สามารถใช้งานได้จริง ผู้วิจัยใช้เครื่องมือทางเทคนิค (ตารางที่ 2) ดังนี้

ตารางที่ 2 รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

หมวดเครื่องมือ	รายละเอียด
ภาษาโปรแกรม (Programming Languages)	Flutter Framework, HTML5, JavaScript
ฐานข้อมูล (Database)	MySQL สำหรับจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้และผลการประเมิน
เครื่องมือออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX Design)	Figma และ Canva ใช้ออกแบบโครงสร้างและองค์ประกอบกราฟิก
เครื่องมือทดสอบระบบ (Testing Tools)	Android Studio Emulator และ Web Browser Testing
ระบบสถิติและวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)	โปรแกรม SPSS และ Microsoft Excel สำหรับวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection Instruments) ประกอบด้วยแบบสอบถามจำนวน 3 ฉบับ ดังนี้

- *แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม* ประกอบด้วยข้อมูลด้านเพศ อายุ ชั้นปี คณะ และประสบการณ์การใช้งานแอปพลิเคชันทางสุขภาพใช้เพื่ออธิบายลักษณะประชากรของกลุ่มตัวอย่าง
- *แบบประเมินภาวะซึมเศร้าเบื้องต้น (PHQ-9)* เป็นแบบประเมินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ใช้ในการตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นโดยมีคำถาม 9 ข้อ คะแนนแต่ละข้อมีค่า 0–3 รวมสูงสุด 27 คะแนน ใช้แปลผลตามระดับความรุนแรงของภาวะซึมเศร้า ดังตารางที่ 3 ในการวิจัยนี้ แบบประเมิน PHQ-9 ถูกบูรณาการเข้ากับระบบแอปพลิเคชัน SmartMindKSU โดยผู้ใช้งานสามารถตอบแบบประเมินผ่านสมาร์ตโฟนหรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ ระบบจะทำการคำนวณคะแนนและแสดงผลระดับภาวะซึมเศร้าโดยอัตโนมัติ พร้อมทั้งให้คำแนะนำเบื้องต้นที่เหมาะสมกับระดับความเสี่ยงของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 3 เกณฑ์การแปลผลแบบประเมิน PHQ-9

ช่วงคะแนน	ระดับภาวะซึมเศร้า	คำแนะนำเบื้องต้น
0–4	ไม่มีภาวะซึมเศร้า	ดูแลสุขภาพจิตต่อเนื่อง
5–9	ภาวะซึมเศร้าเล็กน้อย	พักผ่อน ออกกำลังกาย ทำกิจกรรมที่ชอบ
10–14	ภาวะซึมเศร้าปานกลาง	ควรพูดคุยกับเพื่อนหรือที่ปรึกษา
15–19	ภาวะซึมเศร้าค่อนข้างรุนแรง	ควรปรึกษานักจิตวิทยาหรือแพทย์
20–27	ภาวะซึมเศร้ารุนแรงมาก	ควรเข้ารับการรักษาจากผู้เชี่ยวชาญทันที

- *แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้* แบบสอบถามนี้พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน SmartMindKSU มีจำนวน 15 ข้อ ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่
  1. ความสะดวกในการใช้งาน
  2. ความเข้าใจของเนื้อหาและแบบประเมิน
  3. การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX)
  4. ประโยชน์ต่อการตระหนักรู้ด้านสุขภาพจิต

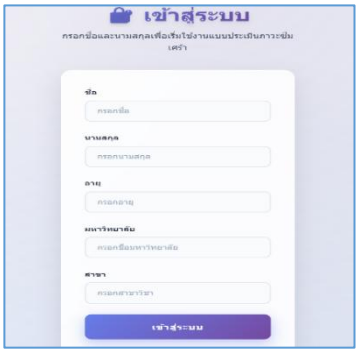
ใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ (5-Point Likert Scale) [20] โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนใน ตารางที่ 4 และแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ถูกออกแบบให้มีการทำงานหลัก 5 หน้าจอ ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถามความพึงพอใจ

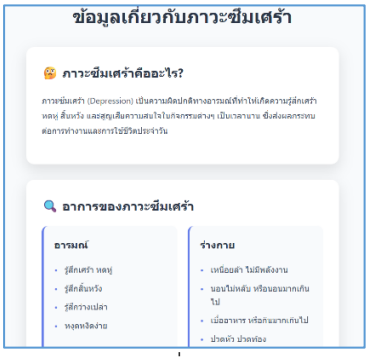
ระดับความเห็น	คะแนน	ความหมาย
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	5	ดีมาก
เห็นด้วย	4	ดี
ไม่แน่ใจ	3	ปานกลาง
ไม่เห็นด้วย	2	น้อย
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1	น้อยมาก

3) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ (Instrument Validation) เครื่องมือทุกฉบับผ่านการตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) พบว่า ค่า IOC อยู่ที่ 0.93 แสดงว่าเครื่องมือมีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาที่เหมาะสม สำหรับแบบสอบถามความพึงพอใจ ได้ทำการทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability Test) กับกลุ่มนักศึกษาจำนวน 30

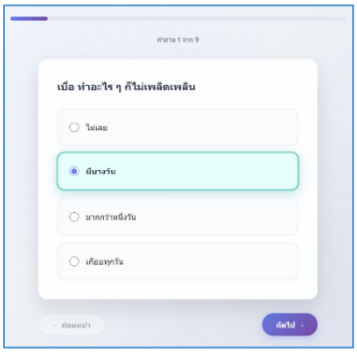
คน (Try-out) โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาช (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่า 0.91 แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อมั่นสูงและสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้จริง



1. หน้าเข้าสู่ระบบ (Login Page)



2. หน้าข้อมูลเกี่ยวกับโรคซึมเศร้า (Information Page)



3. หน้าทำแบบประเมิน PHQ-9 (Assessment Page)

4. หน้าผลประเมินและคำแนะนำ (Result Page)

5. หน้าข้อมูลติดต่อสายด่วนสุขภาพจิต (Help Page)

ภาพที่ 1 ตัวอย่างหน้าจอแอปพลิเคชัน SmartMindKSU

4. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (Research Procedures) การวิจัยครั้งนี้ใช้กระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันตามวงจรการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก (ตารางที่ 5) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล (Requirement Analysis) ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและความต้องการของนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ในด้านสุขภาพจิต รวมถึงทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า เช่น

- การใช้แบบประเมิน PHQ-9 ในการตรวจคัดกรองภาวะซึมเศร้า
- การพัฒนาแอปพลิเคชันสุขภาพจิตในบริบทของประเทศไทย
- แนวคิดทฤษฎีทางจิตวิทยา เช่น Cognitive Behavioral Theory ผลการศึกษาพบว่าการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในรูปแบบแอปพลิเคชันจะช่วยให้การคัดกรองภาวะซึมเศร้าเป็นไปได้สะดวกและเข้าถึงง่าย

ขั้นตอนที่ 2: การออกแบบระบบ (System Design) ออกแบบโครงสร้างของระบบให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้กลุ่มเป้าหมาย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

- ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) – ออกแบบให้ใช้งานง่าย สีสบายตา เหมาะกับกลุ่มวัยนักศึกษา
- ส่วนประมวลผล (Processing) – พัฒนาอัลกอริทึมคำนวณคะแนนจากแบบประเมิน PHQ-9 อัตโนมัติ

- ส่วนจัดเก็บข้อมูล (Database) – ใช้ Firebase และ MySQL สำหรับจัดเก็บผลการประเมินและข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้ ทั้งนี้ยังออกแบบ Diagram ของระบบ เช่น *Use Case Diagram* และ *Data Flow Diagram (DFD)* เพื่อสื่อสารการทำงานระหว่างส่วนต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 3: การพัฒนาแอปพลิเคชัน (System Development) พัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ตามแบบที่ออกแบบไว้ โดยใช้เทคโนโลยีดังนี้

- Frontend: Flutter Framework และ HTML5
- Backend: Firebase / MySQL
- Server: Node.js บนระบบคลาวด์
- Design Tools: Canva, Figma สำหรับ UX/UI

ฟังก์ชันหลักของระบบประกอบด้วย

- ระบบลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบ (Login System)
- แบบประเมินภาวะซึมเศร้า (PHQ-9 Assessment Module)
- ระบบคำนวณคะแนนอัตโนมัติและแสดงระดับภาวะซึมเศร้า
- ระบบคำแนะนำและข้อมูลสุขภาพจิต
- หน้าผลสรุปและคำแนะนำรายบุคคล

ขั้นตอนที่ 4: การทดสอบระบบ (System Testing) ทดสอบการทำงานของระบบใน 3 ระดับ ได้แก่

- Unit Test: ตรวจสอบการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน เช่น การบันทึกข้อมูล การคำนวณคะแนน PHQ-9
- Integration Test: ตรวจสอบการเชื่อมโยงระหว่างโมดูล
- User Acceptance Test (UAT): ให้กลุ่มนักศึกษา 30 คน ทดลองใช้งานเพื่อประเมินประสบการณ์และความเข้าใจ ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง รวดเร็ว และมีความเสถียร

ขั้นตอนที่ 5: การเก็บข้อมูลและประเมินผล (Data Collection and Evaluation) ดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน โดยให้นักศึกษาทำแบบประเมิน PHQ-9 ผ่านแอปพลิเคชัน SmartMindKSU และตอบแบบสอบถามความพึงพอใจออนไลน์หลังใช้งาน ผลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่

- ค่าร้อยละ (Percentage)
- ค่าเฉลี่ย (Mean)
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลตามเกณฑ์ความพึงพอใจ 5 ระดับ

ขั้นตอนที่ 6: การปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มเติม (Improvement and Maintenance) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อเสนอแนะจากผู้ใช้เพื่อปรับปรุงระบบ เช่น

- การเพิ่มระบบแจ้งเตือนให้ทำแบบประเมินซ้ำรายเดือน
- การปรับสีและขนาดตัวอักษรเพื่อความเหมาะสมกับสมาร์ตโฟน
- การเพิ่มระบบส่งต่อข้อมูลไปยังศูนย์ให้คำปรึกษาสุขภาพจิตของมหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอน	รายละเอียด	ระยะเวลาดำเนินการ
1. การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล	ศึกษาเอกสาร ทบทวนวรรณกรรม และรวบรวมข้อมูลความต้องการ	ม.ค.–มี.ค. 2568
2. การออกแบบระบบ	ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ ฐานข้อมูล และส่วนติดต่อผู้ใช้	เม.ย. 2568
3. การพัฒนาแอปพลิเคชัน	พัฒนาและเขียนโปรแกรมทดสอบระบบต้นแบบ	พ.ค.–มิ.ย. 2568
4. การทดสอบระบบ	ทดสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบ	มิ.ย. 2568
5. การเก็บข้อมูลและประเมินผล	ทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง 200 คน	ก.ค.–ส.ค. 2568
6. การปรับปรุงและสรุปผล	ปรับปรุงระบบและจัดทำรายงานผลการวิจัย	ก.ย. 2568

5. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

5.1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ ชั้นปีที่ศึกษา และคณะ วิเคราะห์โดยใช้ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) [3] ได้แก่

- จำนวน (Frequency)
- ร้อยละ (Percentage)
- ค่าเฉลี่ย (Mean)
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เพื่ออธิบายลักษณะประชากรของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน

5.2. การวิเคราะห์ผลการประเมินภาวะซึมเศร้าเบื้องต้น (Depression Screening Analysis) ใช้แบบประเมิน PHQ-9 ที่บูรณาการอยู่ในแอปพลิเคชัน SmartMindKSU โดยระบบจะคำนวณคะแนนรวมอัตโนมัติ (0–27 คะแนน) แล้วแปลผลตามเกณฑ์ (ตารางที่ 6) ดังนี้

ตารางที่ 6 ระดับภาวะซึมเศร้า

ช่วงคะแนน	ระดับภาวะซึมเศร้า	การแปลผล
0–4	ไม่มีภาวะซึมเศร้า	สภาวะปกติ
5–9	ภาวะซึมเศร้าเล็กน้อย	ควรพักผ่อนและทำกิจกรรมคลายเครียด
10–14	ภาวะซึมเศร้าปานกลาง	ควรพูดคุยหรือรับคำปรึกษาจากเพื่อน/อาจารย์
15–19	ภาวะซึมเศร้าค่อนข้างรุนแรง	ควรพบผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพจิต
20–27	ภาวะซึมเศร้ารุนแรงมาก	ควรเข้ารับการรักษาจากแพทย์ทันที

ผลคะแนนของผู้ใช้งานถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา เพื่อหาค่าร้อยละของแต่ละระดับภาวะซึมเศร้า และใช้ สถิติสัมพันธ์ Pearson's Correlation Coefficient (r) เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างผลประเมินจากแอปพลิเคชันกับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพจิต

5.3. การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction Analysis) แบบสอบถามความพึงพอใจประกอบด้วย 15 ข้อ ครอบคลุม 4 ด้าน (ตารางที่ 7) ได้แก่

1) ความสะดวกในการใช้งาน
2) ความเข้าใจของเนื้อหาและแบบประเมิน
3) การออกแบบและความสวยงามของแอปพลิเคชัน
4) ประโยชน์ต่อการตระหนักรู้ด้านสุขภาพจิต

ใช้มาตราส่วนประมาณค่าลิเคิร์ท 5 ระดับ (5-Point Likert Scale) โดยให้ค่าคะแนนตั้งแต่ 1–5 (1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ถึง 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง) จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลตามเกณฑ์ดังนี้

5.4. การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability Analysis) ก่อนนำไปเก็บข้อมูลจริง ได้ทำการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจ กับกลุ่มนักศึกษาจำนวน 30 คน (Try-out) คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่า 0.91 แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อมั่นสูง เหมาะสมต่อการใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 7 ระดับความพึงพอใจ

ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความพึงพอใจ
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

6. ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ (System Performance Metrics) การประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ใช้ทั้งเกณฑ์ทางเทคนิคและเกณฑ์ด้านการใช้งาน เพื่อให้ครอบคลุมทั้งความถูกต้องของการทำงานและความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1) ตัวชี้วัดเชิงเทคนิค (Technical Performance Metrics) ใช้สำหรับวัดความถูกต้องของระบบประมวลผลผลการประเมินภาวะซึมเศร้า โดยคำนวณจากข้อมูลและผลเปรียบเทียบกับการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพจิต โดยใช้ตัวชี้วัด (ตารางที่ 8) ดังนี้

ตารางที่ 8 ตัวชี้วัดความถูกต้องของระบบประมวลผลผลการประเมินภาวะซึมเศร้า

ตัวชี้วัด	คำอธิบาย	สูตรการคำนวณ	ความหมายของค่า
Accuracy	ความถูกต้องของระบบในการจำแนกระดับภาวะซึมเศร้าได้ถูกต้อง	$\frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}$	ค่ายิ่งสูง ระบบยิ่งทำนายถูกต้องมาก
Precision	ความแม่นยำของระบบในการจำแนกผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าได้ถูกต้อง	$\frac{TP}{TP+FP}$	ค่ายิ่งสูง หมายถึงระบบมีความแม่นยำสูง
Recall (Sensitivity)	ความสามารถของระบบในการตรวจพบผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าได้ครบถ้วน	$\frac{TP}{TP+FN}$	ค่ายิ่งสูง หมายถึงระบบตรวจพบกลุ่มเสี่ยงได้ครบถ้วน
F-Measure	ค่าความสมดุลระหว่าง Precision และ Recall	$\frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}$	ใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ
RMSE (Root Mean Squared Error)	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าที่ระบบคำนวณกับค่าจริง	$\sqrt{\frac{1}{n}\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}$	ค่ายิ่งต่ำ หมายถึงระบบทำนายได้ใกล้เคียงค่าจริงมาก

ตัวชี้วัดเหล่านี้ช่วยประเมินความแม่นยำของระบบในการจำแนกภาวะซึมเศร้าเบื้องต้น โดยผลที่ดีจะต้องมี Accuracy และ F-measure มากกว่า 85% และ RMSE ต่ำกว่า 0.10 เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถใช้งานได้จริงในภาคสนาม [14]

2) ตัวชี้วัดเชิงการใช้งาน (Usability and Functionality Metrics) ใช้เพื่อประเมินความพึงพอใจและความเหมาะสมของระบบจากมุมมองของผู้ใช้งาน โดยครอบคลุมด้านความสะดวกในการใช้งาน ความเข้าใจของ

เนื้อหา การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ และประโยชน์ต่อการตระหนักรู้ด้านสุขภาพจิต (แสดงในตารางที่ 9) ซึ่งแนวทางการประเมินดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยด้านการพัฒนาและประเมินแอปพลิเคชันสุขภาพจิตบนสมาร์ตโฟนทั้งในและต่างประเทศ [6,19]

ตารางที่ 9 ประเมินความพึงพอใจและความเหมาะสมของระบบจากมุมมองผู้ใช้

ด้านการประเมิน	รายละเอียด	วิธีการวัด	เกณฑ์แปลผล
Functional Requirement Test	ระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้	แบบสอบถาม 5 ระดับ	ค่าเฉลี่ย 4.01–5.00 = ดีมาก
Functional Test	ระบบสามารถทำงานได้ครบทุกฟังก์ชัน	ทดสอบ Black Box Testing	ผ่านทุกกรณีทดสอบ ≥ 90%
Usability Test	ความง่ายต่อการใช้งานและความเข้าใจของผู้ใช้	แบบสอบถาม 5 ระดับ	ค่าเฉลี่ย ≥ 4.00 ถือว่าดี
Accuracy Test	ผลการประเมินจากระบบสอดคล้องกับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ	สถิติ Pearson's Correlation	ค่าสัมประสิทธิ์ r ≥ 0.80 ถือว่าสอดคล้องดี

7. กรอบแนวคิดการวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU การวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดการวิจัยที่บูรณาการระหว่างแนวคิดทางจิตวิทยาและกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อให้การพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU มีความถูกต้องทั้งในเชิงวิชาการด้านสุขภาพจิตและด้านเทคโนโลยีดิจิทัล โดยกรอบแนวคิดการวิจัยประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ แนวคิดทางจิตวิทยา กระบวนการพัฒนาระบบ และผลลัพธ์การวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 2

กรอบแนวคิดทางจิตวิทยาของงานวิจัยนี้อาศัยแนวคิดของ ทฤษฎีความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรม (Cognitive Behavioral Therapy: CBT) ซึ่งอธิบายว่าภาวะซึมเศร้าเกี่ยวข้องกับรูปแบบความคิดและการรับรู้เชิงลบ การตระหนักรู้เกี่ยวกับความคิด อารมณ์ และพฤติกรรมของตนเองจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการป้องกันภาวะซึมเศร้า แนวคิด CBT ถูกนำมาประยุกต์ใช้ผ่านการใช้แบบประเมินมาตรฐาน PHQ-9 เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานรับรู้ระดับความเสี่ยงด้านสุขภาพจิตของตนเองในระยะเริ่มต้น

แอปพลิเคชัน SmartMindKSU ทำหน้าที่เป็นแพลตฟอร์มสุขภาพจิตดิจิทัลที่เชื่อมโยงแนวคิดทางจิตวิทยากับการใช้งานจริงในรูปแบบดิจิทัล ผู้ใช้งานสามารถประเมินภาวะซึมเศร้าได้ผ่านสมาร์ตโฟนหรือเว็บเบราว์เซอร์ ระบบจะประมวลผลคะแนนอัตโนมัติ แสดงระดับความรุนแรงของภาวะซึมเศร้า และให้คำแนะนำเบื้องต้นที่เหมาะสมกับระดับความเสี่ยง โดยคำนึงถึงความง่ายในการใช้งาน ความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัยของข้อมูล ในมิติด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ การพัฒนาแอปพลิเคชันดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์แบบ Software Development Life Cycle (SDLC) ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบระบบ การพัฒนา การทดสอบ การประเมินผล และการปรับปรุงระบบ กระบวนการดังกล่าวช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างเป็นขั้นตอน ลดข้อผิดพลาด และเพิ่มความเสถียรของแอปพลิเคชัน ผลลัพธ์ของกรอบแนวคิดการวิจัยสะท้อนผ่านการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ในด้านความถูกต้องของการคัดกรองภาวะซึมเศร้า ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และการส่งเสริมการตระหนักรู้ด้านสุขภาพจิตในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัย กรอบแนวคิดนี้แสดงให้เห็นความเชื่อมโยงเชิงระบบระหว่างแนวคิดทางจิตวิทยา กระบวนการพัฒนาระบบ และผลลัพธ์การวิจัย ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการประเมินภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นด้วยแอปพลิเคชัน SmartMindKSU การประเมินภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นของนักศึกษาดำเนินการผ่านแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ซึ่งบูรณาการแบบประเมิน Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ระบบจะให้ผู้ใช้ตอบคำถามจำนวน 9 ข้อ โดยแต่ละข้อมี

ระดับคะแนน 0–3 จากนั้นระบบจะประมวลผลรวมและแปลผลระดับภาวะซึมเศร้าโดยอัตโนมัติ พร้อมแสดงคำแนะนำเบื้องต้นตามผลคะแนน กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 200 คน ทำแบบประเมินผ่านสมาร์ตโฟนในช่วงเดือน กรกฎาคม–สิงหาคม 2568 ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 10

ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU

ตารางที่ 10 ผลการประเมินภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นของนักศึกษา

ระดับภาวะซึมเศร้า	ช่วงคะแนน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ไม่มีภาวะซึมเศร้า	0–4	95	47.5
ภาวะซึมเศร้าเล็กน้อย	5–9	60	30.0
ภาวะซึมเศร้าปานกลาง	10–14	30	15.0
ภาวะซึมเศร้าค่อนข้างรุนแรง	15–19	10	5.0
ภาวะซึมเศร้ารุนแรงมาก	20–27	5	2.5
รวม		**200**	**100.0**

การวิเคราะห์เชิงลึกของผลการประเมิน

1) แนวโน้มโดยรวมของภาวะซึมเศร้าจากผลการประเมิน พบว่าผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่มีภาวะจิตใจอยู่ในระดับปกติหรือซึมเศร้าเล็กน้อยรวมกัน 77.5% ซึ่งสะท้อนถึงภาวะสุขภาพจิตโดยทั่วไปของนักศึกษาในระดับ “ปลอดภัย” อย่างไรก็ตาม ยังมีกลุ่มที่มีแนวโน้มภาวะซึมเศร้าในระดับ ปานกลางถึงรุนแรงมาก จำนวน 45 คน (22.5%) ซึ่งถือเป็นสัดส่วนที่ควรได้รับการติดตามอย่างต่อเนื่อง

2) การเปรียบเทียบรายเพศจากการวิเคราะห์เพิ่มเติม พบว่าเพศหญิงมีคะแนนเฉลี่ย PHQ-9 สูงกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)โดยค่าเฉลี่ยคะแนน PHQ-9 ของเพศหญิงเท่ากับ 8.24 ± 3.97 ขณะที่เพศชายเท่ากับ 6.89 ± 3.21แสดงให้เห็นว่ากลุ่มนักศึกษาหญิงมีแนวโน้มความเครียดและความวิตกกังวลสูงกว่า

3) การจำแนกตามชั้นปีการศึกษาพบว่ากลุ่มนักศึกษาชั้นปีที่ 3 และปีที่ 4 มีแนวโน้มภาวะซึมเศร้ามากที่สุด (ค่าเฉลี่ย PHQ-9 = 9.31 ± 4.02) เนื่องจากเป็นช่วงที่มีภาระการเรียนและการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นด้านอารมณ์และความเครียด (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน PHQ-9 จำแนกตามชั้นปีการศึกษา

ชั้นปี	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับภาวะซึมเศร้าเฉลี่ย
ปี 1	6.45	3.02	ปกติ–เล็กน้อย
ปี 2	7.21	3.56	เล็กน้อย
ปี 3	9.11	3.92	ปานกลาง
ปี 4	9.52	4.17	ปานกลาง
รวมเฉลี่ย	**8.07**	**3.67**	**เล็กน้อย–ปานกลาง**

การวิเคราะห์ตามคะแนนรวม (PHQ-9 Total Score) ค่าเฉลี่ยคะแนนรวมของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดคือ 8.07 ± 3.67 คะแนนอยู่ในระดับ “ภาวะซึมเศร้าเล็กน้อยถึงปานกลาง” ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มสุขภาพจิตของนักศึกษาไทยในช่วงหลังสถานการณ์โควิด-19 ที่หลายงานวิจัย เช่น

- ความเครียด ภาวะซึมเศร้า การตีตราในที่สาธารณะ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยในประเทศไทยหลังโควิด-19 [21]
- Prevalence and Factors Associated with Depression in [22] รายงานอัตราภาวะซึมเศร้าปานกลางถึงรุนแรงในช่วง 20–30% ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิจัยในครั้งนี้

2. ผลการประเมินความถูกต้องของระบบ (System Accuracy) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ในการตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความถูกต้องของระบบ โดยเปรียบเทียบผลการประเมินจากแอปพลิเคชันกับผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพจิตจำนวน 3 ราย (Sample Validation Group) ใช้ตัวชี้วัดทางสถิติ ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall, F-Measure, และ Root Mean Squared Error (RMSE) เพื่อวัดความแม่นยำและความเสถียรของระบบ

3. ผลการเปรียบเทียบระหว่างระบบและผู้เชี่ยวชาญ จากการเปรียบเทียบคะแนน PHQ-9 ที่คำนวณโดยระบบ SmartMindKSU กับผลจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยกว่า 1 คะแนน และมีแนวโน้มการจำแนกระดับภาวะซึมเศร้าไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบผลคะแนน PHQ-9 ระหว่างระบบ SmartMindKSU และผู้เชี่ยวชาญ (n = 3)

ลำดับ	Expert 1	Expert 2	Expert 3	ค่าเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญ	SmartMindKSU	ค่าความแตกต่าง	การจำแนกระดับตรงกัน
1	8	8	9	8.33	8	0.33	✓
2	10	11	10	10.33	10	0.33	✓
3	15	15	14	14.67	15	-0.33	✓
4	6	7	6	6.33	6	0.33	✓

ลำดับ	Expert 1	Expert 2	Expert 3	ค่าเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญ	SmartMindKSU	ค่าความแตกต่าง	การจำแนกระดับตรงกัน
5	12	11	12	11.67	12	-0.33	✓
6	5	5	6	5.33	5	0.33	✓
7	9	9	10	9.33	9	0.33	✓
8	14	13	13	13.33	13	0.33	✓
9	16	15	16	15.67	16	-0.33	✓
10	7	8	8	7.67	8	-0.33	✓
ค่าเฉลี่ย (Mean)	**10.2**	**10.2**	**10.4**	**10.27**	**10.1**	**0.17**	**90%**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	**3.77**	**3.44**	**3.37**	**3.53**	**3.48**	**0.26**	

ผลการเปรียบเทียบพบว่าระบบสามารถจำแนกระดับภาวะซึมเศร้าได้ตรงกับผลของผู้เชี่ยวชาญถึง ร้อยละ 90.0 และมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Difference) เท่ากับ 0.26 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานการทดสอบซอฟต์แวร์ทางสุขภาพจิตดิจิทัล

4. ค่าตัวชี้วัดความถูกต้องของระบบ (System Performance Metrics) เมื่อคำนวณค่าตัวชี้วัดทางเทคนิคจากข้อมูลเปรียบเทียบ พบว่าระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับสูง ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ SmartMindKSU

ลำดับ	ตัวชี้วัด (Metrics)	ค่าที่ได้ (Value)	การแปลผล (Interpretation)
1	Accuracy	0.89	ระบบมีความถูกต้องสูง สามารถจำแนกภาวะซึมเศร้าได้ตรงกับผู้เชี่ยวชาญในระดับสูง
2	Precision	0.88	ระบบสามารถจำแนกผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าได้อย่างแม่นยำ มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ
3	Recall (Sensitivity)	0.85	ระบบตรวจจับกลุ่มเสี่ยงได้ครบถ้วน มีความไวในการคัดกรองสูง
4	F-Measure	0.86	ระบบมีความสมดุลระหว่างความแม่นยำและความไวในการตรวจจับ
5	RMSE (Root Mean Squared Error)	0.08	ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำมาก แสดงถึงความแม่นยำของการคำนวณคะแนน PHQ-9
6	Pearson Correlation (r)	0.87 ($p < 0.01$)	ผลการประเมินของระบบมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกับผู้เชี่ยวชาญ
7	System Reliability Index (SRI)	0.82	ระบบมีความน่าเชื่อถือโดยรวมในระดับดีมาก
8	Average Response Time	1.25 วินาที	ระบบประมวลผลและแสดงผลได้รวดเร็ว เหมาะกับการใช้งานจริง

จากผลการคำนวณตัวชี้วัดทั้งหมด พบว่าระบบ SmartMindKSU มีประสิทธิภาพในระดับ “ดีมาก” (Excellent Level) โดยมีค่า Accuracy = 0.89 และ F-Measure = 0.86 ซึ่งแสดงถึงความสามารถของระบบในการจำแนกระดับภาวะซึมเศร้าได้ถูกต้องและสมดุล นอกจากนี้ค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE = 0.08) อยู่ในเกณฑ์ต่ำ แสดงถึงการคำนวณคะแนนที่มีความแม่นยำสูง ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลจากระบบกับผู้เชี่ยวชาญ ($r = 0.87$, $p < 0.01$) แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินของระบบมีแนวโน้มสอดคล้องกับการวินิจฉัยของผู้เชี่ยวชาญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งยืนยันถึงความถูกต้องของระบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นในเชิงคลินิก

5. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน SmartMindKSU จากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาจำนวน 200 คน พบว่าผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับสูง (ตารางที่ 15) โดยการประเมินครอบคลุม 4 ด้านหลัก ได้แก่

ความสะดวกในการใช้งาน ความเข้าใจของเนื้อหาและแบบประเมิน การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ และประโยชน์ต่อการตระหนักรู้และการส่งเสริมสุขภาพจิต การแปลผลคะแนนใช้เกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ โดยคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.51–5.00 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแอปพลิเคชันมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในมุมมองของผู้ใช้ และสามารถสนับสนุนการคัดกรองภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจรายข้อ (n = 200)

ลำดับ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
ด้านที่ 1: ความสะดวกในการใช้งาน				
1	แอปพลิเคชันติดตั้งและเข้าใช้งานได้ง่าย	4.68	0.41	มากที่สุด
2	การแสดงผลและการตอบสนองของระบบรวดเร็ว	4.63	0.44	มากที่สุด
3	การกรอกข้อมูลและตอบแบบประเมินทำได้สะดวก	4.64	0.47	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมด้านที่ 1	4.65	0.44	มากที่สุด	
ด้านที่ 2: ความเข้าใจของเนื้อหาและแบบประเมิน				
4	คำถามในแบบประเมิน PHQ-9 เข้าใจง่าย	4.52	0.50	มาก
5	ระบบคำนวณคะแนนและแสดงผลชัดเจน	4.45	0.53	มาก
6	คำแนะนำหลังการประเมินมีประโยชน์และเหมาะสม	4.43	0.51	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านที่ 2	4.47	0.51	มาก	
ด้านที่ 3: การออกแบบและความสวยงามของแอปพลิเคชัน				
7	การจัดวางเมนูและโครงสร้างหน้าจอเป็นระเบียบ	4.51	0.49	มาก
8	สีพื้นหลังและตัวอักษรอ่านง่าย สบายตา	4.46	0.45	มาก
9	รูปแบบกราฟิกและสัญลักษณ์สื่อความหมายได้ดี	4.50	0.47	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านที่ 3	4.49	0.47	มาก	
ด้านที่ 4: ประโยชน์ต่อการตระหนักรู้และส่งเสริมสุขภาพจิต				
10	แอปพลิเคชันช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจภาวะซึมเศร้ามากขึ้น	4.55	0.48	มากที่สุด
11	แอปพลิเคชันกระตุ้นให้ผู้ใช้หันมาใส่ใจสุขภาพจิต	4.52	0.49	มาก
12	ข้อมูลและคำแนะนำสามารถนำไปใช้ได้จริง	4.49	0.50	มาก
13	ระบบช่วยให้ผู้ใช้ทราบระดับความเสี่ยงของตนเอง	4.51	0.46	มาก
14	ระบบส่งเสริมการเข้าถึงบริการสุขภาพจิต	4.47	0.52	มาก
15	ผู้ใช้มีความตั้งใจจะใช้งานซ้ำหรือแนะนำให้ผู้อื่น	4.55	0.47	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมด้านที่ 4	4.52	0.49	มาก	
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	**4.53**	**0.47**	**มาก**	

การวิเคราะห์เชิงสถิติของผลการประเมินผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า

- ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับ “มาก” ($\bar{X} = 4.53, S.D. = 0.47$)
- ด้านที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ “ความสะดวกในการใช้งาน” ($\bar{X} = 4.65$) รองลงมาคือ “ประโยชน์ต่อการตระหนักรู้และส่งเสริมสุขภาพจิต” ($\bar{X} = 4.52$)
- ด้านที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดแต่ยังอยู่ในระดับ “มาก” คือ “ความเข้าใจของเนื้อหาและแบบประเมิน” ($\bar{X} = 4.47$)

- ด้านความสะดวกในการใช้งาน (Usability): คะแนนเฉลี่ยสูงสุด (4.65) แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ถูกออกแบบให้ใช้งานง่ายสามารถติดตั้งและใช้งานได้โดยไม่ซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบระบบสุขภาพจิตดิจิทัลที่เน้น “User-Centered Design (UCD)” และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ [2,6] ที่รายงานว่าผู้ใช้ให้คะแนนด้านความสะดวกสูงสุดเช่นกัน
- ด้านความเข้าใจของเนื้อหา: ผู้ใช้ให้คะแนนเฉลี่ย 4.47 ซึ่งอยู่ในระดับมากแสดงว่าแบบประเมิน PHQ-9 ที่แปลงเป็นระบบดิจิทัลยังคงมีความเข้าใจง่ายและระบบช่วยคำนวณคะแนนและแสดงคำแนะนำที่เข้าใจได้ดี
- ด้านการออกแบบและความสวยงาม: ค่าเฉลี่ย 4.49 แสดงว่าแอปพลิเคชันมีโทนสีและรูปแบบที่เหมาะสมกับกลุ่มวัยนักศึกษาซึ่งสอดคล้องกับหลัก UX/UI Design สำหรับกลุ่มเยาวชน
- ด้านประโยชน์ต่อสุขภาพจิต: ค่าเฉลี่ย 4.52 แสดงให้เห็นว่า SmartMindKSU ช่วยให้ผู้ใช้ตระหนักรู้และเข้าใจภาวะซึมเศร้ามากขึ้นโดยเฉพาะในกลุ่มผู้ที่มีแนวโน้มภาวะซึมเศร้าเล็กน้อย–ปานกลาง ซึ่งสามารถเข้าถึงการดูแลได้เร็วขึ้น

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน SmartMindKSU สำหรับตรวจสอบภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือดิจิทัลสำหรับคัดกรองภาวะซึมเศร้าที่สะดวก แม่นยำ และเหมาะสมกับบริบทของสถาบันอุดมศึกษา ผลการวิจัยพบว่าแอปพลิเคชัน SmartMindKSU สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในด้านเทคนิคและการใช้งานจริง ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงแบบประเมิน PHQ-9 ได้ง่าย ระบบประมวลผลคะแนนอัตโนมัติและแสดงผลลัพธ์พร้อมคำแนะนำเบื้องต้นอย่างชัดเจน ช่วยลดข้อจำกัดของการใช้แบบประเมินในรูปแบบกระดาษและเพิ่มการเข้าถึงการคัดกรองสุขภาพจิต ผลการประเมินภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นของนักศึกษา 200 คน พบว่าร้อยละ 22.5 มีภาวะซึมเศร้าในระดับปานกลางถึงรุนแรง ซึ่งใกล้เคียงกับสถานการณ์ระดับประเทศ สะท้อนให้เห็นว่านักศึกษามีความเสี่ยงด้านสุขภาพจิตในระดับที่ควรได้รับการเฝ้าระวังอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในกลุ่มเพศหญิงและนักศึกษาชั้นปีปลายที่มีแนวโน้มภาวะซึมเศร้าสูงกว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแสดงให้เห็นว่า SmartMindKSU มีความถูกต้องอยู่ในระดับสูง มีความสอดคล้องกับการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของระบบสุขภาพจิตดิจิทัล ในด้านการใช้งาน ผู้ใช้มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านความสะดวกในการใช้งานและประโยชน์ต่อการตระหนักรู้ด้านสุขภาพจิต ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนถึงการออกแบบระบบที่คำนึงถึงผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง และสนับสนุนการยอมรับเทคโนโลยีสุขภาพจิตดิจิทัลในบริบทของมหาวิทยาลัย

โดยสรุป แอปพลิเคชัน SmartMindKSU เป็นเครื่องมือดิจิทัลที่มีศักยภาพในการคัดกรองภาวะซึมเศร้าเบื้องต้นและส่งเสริมสุขภาพจิตเชิงป้องกันในกลุ่มนักศึกษา ประโยชน์ของงานวิจัยครอบคลุมทั้งนักศึกษา มหาวิทยาลัย และหน่วยงานด้านสุขภาพจิต อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดด้านขอบเขตกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการศึกษาในช่วงเวลาเดียว สำหรับการวิจัยในอนาคตควรขยายการศึกษาไปยังสถาบันอื่น เพิ่มการติดตามผลระยะยาว และพัฒนาเชื่อมโยงระบบกับศูนย์ให้คำปรึกษาสุขภาพจิต รวมถึงการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อยกระดับระบบเฝ้าระวังสุขภาพจิตในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้การสนับสนุนด้านทรัพยากรและโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย รวมถึง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการสำหรับการพัฒนาและทดสอบระบบแอปพลิเคชัน ขอขอบพระคุณคณาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำเชิงวิชาการอย่างต่อเนื่อง ทั้งด้านแนวคิดทางเทคนิค การประเมินแบบสอบถาม PHQ-9 และการออกแบบระบบเฝ้าระวังสุขภาพจิตดิจิทัล ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความสมบูรณ์และความน่าเชื่อถือของแอปพลิเคชัน SmartMindKSU ผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษามหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่เข้าร่วมการวิจัยและทดสอบระบบจำนวน 200 คน

ซึ่งข้อมูลและข้อเสนอแนะของทุกท่านมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการปรับปรุงและพัฒนาระบบให้เหมาะสมกับบริบทของสถาบันการศึกษาไทย นอกจากนี้ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพจิตจากโรงพยาบาลกาฬสินธุ์และหน่วยงานด้านสาธารณสุขจังหวัด ที่ให้การสนับสนุนด้านการตรวจสอบความถูกต้องของแบบประเมินและข้อคิดเห็นเชิงวิชาชีพ สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมทีมวิจัยและผู้สนับสนุนทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการพัฒนา ออกแบบ และเผยแพร่แอปพลิเคชัน SmartMindKSU ซึ่งเป็นต้นแบบของระบบคัดกรองสุขภาพจิตเชิงป้องกันที่สามารถขยายผลสู่การใช้งานในระดับสถาบัน ชุมชน และหน่วยบริการสุขภาพในอนาคตได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1 Yang H, Xu J, Hou L, Huang D. Neurobiological mechanisms of the effect of exercise on depressive disorder: analysis using CiteSpace. Front Psychiatry. Frontiers Media SA; 2025;16:1–20. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2025.1600286

2 Thipprakmas R. Prevalence and Factors Associated with Depression in the Elderly: A Systematic Review. Regional Health Promotion Center [Internet]. 2021;9:325–38. https://doi.org/10.14456/rhpc9j.2021.23

3 Wang YP, Gorenstein C. Assessment of depression in medical patients: A systematic review of the utility of the Beck Depression Inventory-II. Clinics. 2013;68:1274–87. https://doi.org/10.6061/clinics/2013(09)15

4 Phomprasith S, Karawekpanyawong N, Pinyopornpanish K, Jiraporncharoen W, Maneeton B, Phinyo P, et al. Prevalence and Associated Factors of Depression in Medical Students in a Northern Thailand University: A Cross-Sectional Study. Healthcare. MDPI; 2022;10. https://doi.org/10.3390/healthcare10030488

5 Niamnuy N, Klaywong K, Piwsaart R, Inrueng S. A Study of Stress and Depression in Health Science Students at a University in Bangkok, Thailand. Journal of Health Science and Medical Research. Prince of Songkla University; 2025;43:1–10. https://doi.org/10.31584/jhsmr.20241130

6 Hemrungrojn S, Saengsai K, Jakkrawankul P, Kiattiporn-Opas C, Chaichareenon K, Amrapala A, et al. Development and Evaluation of the DMIND Questionnaire: Preparing for AI Integration into an Effective Depression Screening Tool. Siriraj Med J. Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University; 2024;76:620–9. https://doi.org/10.33192/smj.v76i9.269527

7 วริยา จันทร์ขำ, เรียม นมรักษ์, หทัยชนก บัวเจริญ, ดารินทร์ โพธิ์ตั้งธรรม. การพัฒนาระบบการให้คำปรึกษาสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยในจังหวัดนครปฐม. วารสารพยาบาลทหารบก [Internet]. 2567 [cited 2025 Dec 24];25:177–85. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JRTAN/article/view/266695. Accessed 24 Dec 2025

8 สุทธานันท์ ชุนแจ่ม, โสภิณ แสงอ่อน, ทัศนา ทวีคูณ. การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้าในประเทศไทย. วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางการพยาบาล [Internet]. 2011 [cited 2025 Dec 22];17:412–29. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/RNJ/article/view/9046. Accessed 22 Dec 2025

9 Thonthanadon N, Phithakwongrojn K, Bosittipichet T, Leesri T. Prevalence of depression and associated factors in long-term caregivers in the primary care network of Phra Nakhon Si Ayutthaya hospital. Int J Community Med Public Health. Medip Academy; 2025;12:1748–56. https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20250921

10 วิรีย์อร จูมพระบุตร, โชษิตา ภาวสุทธิไพศิฐ, สำราญ เหล็กงาม, สุพัตรา สุขาวห, ณัฐิยา ชมภูบุตร. การพัฒนาระบบเฝ้าระวังภาวะซึมเศร้าและการป้องกันการฆ่าตัวตายในวัยรุ่นในเขตสุขภาพที่ 10. ศรีนครินทร์เวชสาร [Internet]. 2568 [cited 2025 Dec 24];40:354–66. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/SRIMEDJ/article/view/266985. Accessed 24 Dec 2025

11 Singh V, Verma R, Shriyam S, Gandhi TK. Evaluating tDCS Intervention Effectiveness via Functional Connectivity Network on Resting-State EEG Data in Major Depressive Disorder. Cornell University [Internet]. 2025;1–10. https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.06359

12 Hemrungrojn S, Saengsai K, Jakkrawankul P, Kiattiporn-Opas C, Chaichareenon K, Amrapala A, et al. Accuracy and concordance of DMIND AI application with a renowned depression assessment tool in Thai adults. Chulalongkorn Medical Journal. Chulalongkorn University Printing House; 2024;68:261–73. https://doi.org/10.56808/2673-060X.5495

13 Cheung RYM. Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9). In: Medvedev ON, Krägeloh CU, Siegert RJ, Singh NN, editors. Handbook of Assessment in Mindfulness Research [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 1–11. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77644-2_63-1

14 ณัฐวดี หงษ์บุญมี, ธนภัทร ธรรมกรณ์. ระบบคัดกรองผู้ที่เสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้าผ่านสมาร์ทโฟนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ [Internet]. 2562 [cited 2025 Dec 24];21:100–13. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/200215. Accessed 24 Dec 2025

15 Pinchunsri P, Chantaradara T, Choisang Y, Khosinprasurt T, Buasan D. การพัฒนาโปรแกรมสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการด้านทะเบียนทรัพย์สินของ มหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม. วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน [Internet]. 2562 [cited 2025 Dec 24];25:79–91. https://doi.org/https://he01.tci-thaijo.org/index.php/CUTJ/article/view/168531/143094

16 รณชัย ชื่นธวัช, ศิริพร เลิศยิ่งยศ, ภัทรีญา ชุมชิต. การพัฒนาระบบค้นหาและคัดกรองภาวะซึมเศร้าของกลุ่มผู้สูงอายุในชุมชนเมืองนครราชสีมาด้วยเทคโนโลยีเคลื่อนที่และการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ. วารสารการพยาบาลจิตเวชและสุขภาพจิต [Internet]. 2567 [cited 2025 Dec 24];38:32–48. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/JPNMH/article/view/265583. Accessed 24 Dec 2025

17 Yamane Taro. Statistics : an introductory analysis. Second edition. New York: Harper & Row; 1967.

18 Wongaptikaseree K, Yomaboot P, Katchapakirin K, Kaewpitakkun Y. Social behavior analysis and Thai mental health questionnaire (TMHQ) optimization for depression detection system. IEICE Trans Inf Syst. Institute of Electronics, Information and Communication, Engineers, IEICE; 2020;E103D:771–8. https://doi.org/10.1587/transinf.2019IIP0003

19 Toomnan J. Effects of Self-Reported Monitoring Depression of People in Community at Trakan Phuet Phon District, Ubon Ratchathani Province. Regional Health Promotion Center [Internet]. 2022 [cited 2025 Dec 24];9:659–72. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/RHPC9Journal/article/view/258138/176370. Accessed 24 Dec 2025

20 Kaewsanod S, Thongpang T, Imsawasd P. ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริหารงานวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18. Journal of Graduate School [Internet]. 2563 [cited 2025 Dec 24];17:124–36. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/SNGSJ/article/view/186932/165047. Accessed 24 Dec 2025

21 Siewchaisakul P, Sirikarn P, Phimha S, Narom N, Singweratham N, Yimcharoen M, et al. Stress, Depression, Public Stigma, and Their Associated Factors Among University Students in Thailand After the COVID-19 Pandemic. Journal of Population and Social Studies. Mahidol University, Institute for Population and Social Research; 2025;33:380–99. https://doi.org/10.25133/JPSSV332025.020

22 Mayurat Rukkiat, Rungnapa Panitrat. Prevalence and factors associated with depression among junior high school students in Laksi district, Bangkok, Thailand. Kasetsart Journal of Social Sciences [Internet]. 2024 [cited 2025 Dec 24];45:443–52. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kjss/article/view/272012. Accessed 24 Dec 2025

Kalasin University
Journal of Science Technology and Innovation

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Kalasin University Journal of
Science Technology and Innovation