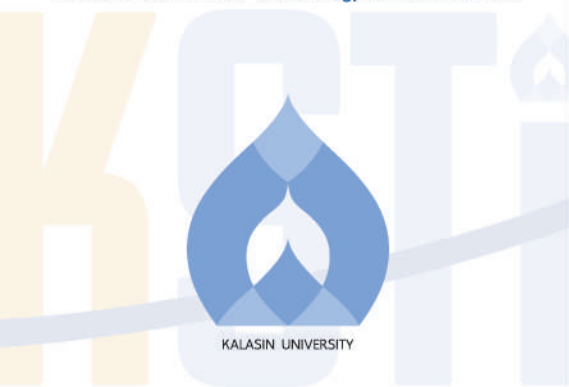




วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Kalasin University Journal of
Science Technology and Innovation



ISSN : 2821-9406 (Online)

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2567)
Vol.3 No.1 (Jan - Jun 2024)



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

ISSN: 2821-9406 (Online)

ข้อมูลเกี่ยวกับวารสาร

ประเภทของบทความ:

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

กำหนดการเผยแพร่:

ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน)

ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม)

ขอบเขตของวารสาร:

ขอบเขตนี้อาสาของผลงานวิชาการที่จะได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เป็นบทความวิจัยและบทความทางวิชาการ 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 สุขาภิบาล สิ่งแวดล้อม 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 และตรวจสอบความซ้ำซ้อนของบทความ ตรวจสอบรูปแบบของบทความให้เป็นไปวารสารที่กำหนด

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

4. เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะตัดสินใจโดยอิงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ บทความนั้น ๆ ดังนี้

- 1) รับผิดชอบโดยไม่มีการแก้ไข
- 2) รับผิดชอบโดยมีการแก้ไข และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินอีกครั้ง
- 3) รับผิดชอบโดยมีการแก้ไข และส่งให้บรรณาธิการพิจารณา
- 4) ปฏิเสธการตีพิมพ์

วารสารจะแจ้งผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้เขียนรับทราบโดยเร็ว เมื่อผู้เขียนได้รับผลการพิจารณา ให้ถือว่าผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวถือเป็นที่สุด

5. กรณีบทความเข้าสู่กระบวนการพิจารณาคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ไม่สามารถถอนบทความได้หรือส่งบทความไปตีพิมพ์ที่วารสารอื่นได้

ที่ปรึกษา:

รองศาสตราจารย์ จิระพันธ์ ห้วยแสน
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษุทธิ์ จันทะรี
 รองศาสตราจารย์ ดร.กตัญญู แก้วหานาม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติมา นรโภค

 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารียา ป้องศิริ

อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 ผู้ช่วยอธิการบดี มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

บรรณาธิการ:

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ห้วยแสน

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ:

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณางค์ รัตนานิคม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชพงษ์ วังคำหาญ

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กองบรรณาธิการ:

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง
 รองศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง
 รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยเอก ดร.คงเดช พะสีนาม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พจนา สีขาว
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตุร ดวงอุปมา
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญณรงค์ ชมนาวัง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชชาภรณ์ วันโย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ เจียมสาธิต
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา ทิฆะ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัมปนาจ เกสัชชา
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักษณา คูบาส
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์พัทธ์ เมืองโคตร
 อาจารย์ ดร.รณกร สร้อยนาค
 อาจารย์ ดร.เกษรา สิทธิโชค
 อาจารย์ ดร.แก้วตา สุตรสุวรรณ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 มหวิทยาลัยนครพนม
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 มหาวิทยาลัยพะเยา
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กำแพงแสน)
 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

นางสาวจรี แสนสุข

สถาบันพระบรมราชชนก วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี
ขอนแก่น

พิสูจน์อักษรภาษาอังกฤษ:

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศাত্রา สหัสทัศน์

Mr.Jonathan Wary

อาจารย์นฤตา หงษ์ษา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ออกแบบปกวารสาร:

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ เนียมสา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ประสานงาน:

นางสาวนภัทรธิดา พรหมดีราช

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

สถานที่ติดต่อ:

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ได้รวบรวมบทความเพื่อตีพิมพ์สำหรับปีที่ 3 ฉบับที่ 1 จำนวน 10 บทความ ดังนี้ 1) เรื่อง แผนที่การกระจายตัวของภาวะหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ผู้แต่ง วาทยุทธ การะเกตุ, วิทยา ดวงธิดา, นิกร มหาวัน และ พันธุ์ระวี กองบุญเทียม 2) เรื่อง การตรวจวัดระดับความสูงน้ำท่วมในเขตชุมชนด้วยการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ผู้แต่ง กฤษฎิยา พลกันยา และ คัมภีร์ ชีระเวช 3) เรื่อง การคัดเลือกไรโซแบคทีเรียทนแล้งที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากดินสวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี ผู้แต่ง จิรภัทร จันทมาลี และ วิญญู ภักดี 4) เรื่อง การพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอก ผู้แต่ง รุนนา ใจสุข, สุริยา ไชยตันเทือก และ ลลิตา ดวงสงค์ 5) เรื่อง การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและพื้นที่ของความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าและกระแสไฟฟ้า ผู้แต่ง กิจธนาพัฒน์ บรรดลนพรัตน์, จันทร เพ็ญ ไพธำ, จรัส บุญธรรมา, มรกต พุทธกาล และ ณัฐพร อารีรัชชกุล 6) เรื่อง ผลของสัดส่วนความต่างของเกลือและโพลิเมอร์ต่อความสามารถในการดูดความชื้นของแผ่นพื้นคอนกรีตน้ำหนักเบา ผู้แต่ง ศุภกิจ เถิกศิริ, อามินท์ หล้าวงศ์, ไทยทัศน์ สุดสวนสี และ ราชันย์ วงศ์ทวี 7) เรื่อง ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ผู้แต่ง โยธิน พลประณม 8) เรื่อง Quantification of iodine in salt, foods; and determination of knowledge and pattern of consumption of iodine containing food materials in Sokoto State, Nigeria ผู้แต่ง Aminu Umar Imam, Yusuf Sarkingobir and Ummu Tuku 9) เรื่อง ออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรงของชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชัน ผู้แต่ง พิเชฐ มีมะแม, กฤติธฤต ทองสิน และ ราชันรินทร์ ดวงชัย 10) เรื่อง นวัตกรรมตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย ผู้แต่ง เจตนา วีระกุล, สุกุล บ่อคุ้ม และ ธนันชนัย อุ่นลิ้ม

บทความในฉบับนี้มาจากนักวิจัยและนักวิชาการที่มีความหลากหลายสังกัด โดยทุกบทความทั้งหมดได้ผ่านการกลั่นกรองและพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewers) จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มาจากหลากหลายหน่วยงานเป็นผู้พิจารณาเพื่อความสมบูรณ์ของบทความ และมอบให้ผู้พิมพ์นำบทความไปปรับปรุงแก้ไขให้เป็นการเรียบร้อยก่อนเข้าสู่กระบวนการเผยแพร่ของวารสาร

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



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ห้วยแสน)

บรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2567)

ข้อมูลเกี่ยวกับวารสาร	ก
กองบรรณาธิการ	ค
บทบรรณาธิการ	ฉ
บทความวิจัย	
แผนที่การกระจายตัวของภาวะหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ วาทยุทธ การระเกตุ, วิทยา ดวงธิดา, นิกร มหาวิน และ พันธุ์ระวี กองบุญเทียม	1-15
การตรวจวัดระดับความสูงน้ำท่วมในเขตชุมชนด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล กฤษฎิยา พลกันยา และ คัมภีร์ ชีระเวช	16-24
การคัดเลือกไรโซแบคทีเรียทนแล้งที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากดิน สวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี จิรภัทร จันทมาลี และ วิญญู ภัคดี	25-35
การพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม รณนา ใจสุข, สุริยา ไชยตันเทือก และ ลลิตา ดวงสงค์	36-55
การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและพื้นที่ของความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่า และกระแสไฟฟ้า กิจธนาพัฒน์ บรรดลนพรัตน์, จันทรเพ็ญ ไพระแก่น, จรัส บุญธรรมมา, มรกต พุทธกาล และ ณัฐพร อารีรัชกุล	56-66
ผลของสัดส่วนความต่างของเกลบและโพนพอลิสไตรีนต่อความสามารถ ในการดูดความชื้นของแผ่นพื้นคอนกรีตน้ำหนักเบา ศุภกิจ เศกศิริ, อามิณห์ หล้าวงศ์, ไทยทัศน์ สุดสวนสี และ ราชนัย วงศ์ทวี	67-75
ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงาน และประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 โยธิน พลประถม	76-91

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2567)

Quantification of iodine in salt, foods; and determination of knowledge and pattern of consumption of iodine containing food materials in Sokoto State, Nigeria	92-104
Aminu Umar Imam, Yusuf Sarkingobir and Ummu Tukur	
ออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรงของชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชัน	105-119
พิเชฐ มีมะแม, กฤติธฤต ทองสิน และ ราชนิรันดร์ ดวงชัย	
นวัตกรรมตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย	120-131
เจตนา วีระกุล, สุพล บ่อคุ้ม และ ธนันชนัย อุ่นสิม	

บทความวิจัย (Research article)

แผนที่การกระจายตัวของภาวะหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่
Particulate matter 2.5 micrograms per cubic meter (PM2.5) Mapping System
for Chiang Mai area.

วาทยุทธ การเกตุ^{1*} วิทยา ดวงธิดา¹ นิกร มหาวัน¹ และ พันธุ์ระวี กองบุญเทียม¹
Watayoot Karaket^{1*} Wittaya Daungthima¹ Nikorn Mahawan¹ and Punravee Kongboontiam¹

¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

¹Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University

*Corresponding author email: mon-k-orn@hotmail.com

วันที่รับบทความ (Received)

6 มิถุนายน 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

22 สิงหาคม 2566

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

23 สิงหาคม 2566

บทคัดย่อ

เมืองเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาหมอกควันรวมถึงปรากฏการณ์หมอกฤดูร้อนมาตั้งแต่อดีต ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่จะเกิดเป็นประจำในทุกปีในช่วงฤดูกลางหมอกควัน โดยไม่ได้รับความสนใจจากภาคสังคมเท่าที่ควร กระทั่งปี พ.ศ.2550 เป็นต้นมา ที่เมืองเชียงใหม่เริ่มเผชิญปัญหาหมอกควันที่รุนแรงขึ้น ทำให้ภาคสังคมเริ่มตระหนักถึงอันตรายจากฝุ่นละอองจี้ ทำให้มีการเสนอให้ภาครัฐช่วยประกาศภาวะฉุกเฉินเรื่องมลพิษทางอากาศ จนเกิดมาตรการรับมือและป้องกันมลพิษทั้งระยะสั้นและระยะยาวตามมา ซึ่งบทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของหมอกควันที่เกิดจากฝุ่นละออง PM2.5 และนำเสนอข้อเสนอแนะสำหรับบรรเทาปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ผ่านการสังเกตและจดบันทึกค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM2.5 ในช่วงฤดูกลางหมอกควันซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พื้นที่ศึกษาประสบปัญหารุนแรงที่สุด โดยทำการศึกษาดังแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 และผลการวิจัยได้พบรูปแบบการกระจายตัวของฝุ่นละออง PM2.5 จำนวน 3 รูปแบบ ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างวันและช่วงเวลา ได้แก่ 1.รูปแบบที่พบในวันจันทร์ถึงศุกร์ 2.รูปแบบที่พบในวันเสาร์และอาทิตย์ 3.รูปแบบที่มักเกิดขึ้นในช่วงที่มีวันหยุดติดต่อกันหลายวัน และอีก 1 รูปแบบที่ไม่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบอื่น ซึ่งมีการนำเสนอผ่านแผนที่ โดยใช้ระดับสีแทนระดับความรุนแรงเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปศึกษาต่อ โดยสามารถนำรูปแบบที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ร่วมกับมาตรการบรรเทาปัญหาทั้งจากภาครัฐและภาคประชาชน เช่น การเปิดปิดระบบฟ่นละอองฝอยตามเวลาและสถานที่ที่เหมาะสม หรือการสร้างพื้นที่ปลอดฝุ่นไว้สำหรับประชาชนกลุ่มเสี่ยง เป็นต้น เพื่อช่วยให้ชาวเชียงใหม่สามารถมองเห็นภาพของมลพิษทางอากาศได้อย่างชัดเจนและสามารถรับมือกับปัญหาได้ดียิ่งขึ้น โดยสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และยังเป็นการช่วยลดการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น อันเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญที่นำไปสู่กระบวนการบรรเทาปัญหายั่งยืน

คำสำคัญ : เมืองเชียงใหม่, ดัชนีคุณภาพอากาศ, ฤดูกาลหมอกควัน

Abstract

Chiang Mai is an area that has experienced smog problems from past to present. The problems in the past may have not been as severe as those at the present time. This is often heard as "Hazy" which is

a phenomenon that occurs regularly every year especially during closed air with high air pressure spreading to cover the area. As a result, the hot vapor cannot float into the atmosphere. Not until 2007 Chiang Mai has started to face more serious smog problems, making the social sector aware danger of the existing tiny dust. It has been proposed that the government sector should declare air pollution emergency and make measures of pollution mitigation and prevention are brought about from the personal level to the city level. The objective of this article was to study the distribution pattern of smog originating from PM_{2.5} dust and to present suggestions for alleviating problems that correspond to the situation in the area of Chiang Mai. This was conducted through observing and recording the concentration of PM_{2.5} dust during the smog season from January to April of 2019 and 2020. Because this time of the year, Chiang Mai experiences the most severe smog problems. The results of the study revealed a pattern of distribution of PM_{2.5} dust for 3 patterns with relationships between days and time, namely 1.The pattern of occurrence from Monday to Friday, 2.The pattern of occurrence on Saturday and Sunday and 3.The pattern that often occurs during several consecutive holidays. There was also another pattern having no relationships with other ones. The patterns were presented through maps by using the color scale to represent the severity level for convenience in understanding them and using them as a guideline for further study. The results of the study can be applied together with the problem mitigation measure from both the government sector and the public sector such as turning on and off the spraying system at the right time and place, building dust-free areas for the group of people at risk etc. These can stimulate the people of Chiang Mai be seriously aware of the air pollution and encourage them to prepare for dealing with actual problems. Moreover, this also help save energy from wasting usage leading to sustainable problem solving process.

Key words: Chiang Mai; PM_{2.5} dust; smog season

บทนำ

ภาวะหมอกควัน (Smog) หมายถึงการสะสมของฝุ่นหรือควันในอากาศหรืออนุภาคขนาดเล็ก (Particle Matter, PM) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.001 ไมครอน ถึง 500 ไมครอน จัดเป็นมลภาวะทางอากาศรูปแบบหนึ่งอันส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยระดับความอันตรายขึ้นอยู่กับขนาด ความเข้มข้น และระยะเวลาที่สัมผัสกับฝุ่นละออง รวมถึงสภาพร่างกายของผู้รับสารแต่ละคน [1] ซึ่งฝุ่น PM_{2.5} เป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กมาก เล็กกว่าขนจมูกประมาณ 25 - 30 เท่า ทำให้ฝุ่นละอองสามารถผ่านทะลุผนังถุงลมของปอดและเข้าสู่เส้นเลือดได้โดยตรง [2] การได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) มีผลต่อระบบของร่างกาย ทำให้เกิดความผิดปกติและก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ ขณะที่ในปัจจุบันยังไม่มีข้อสรุปทางการแพทย์ที่แน่ชัดถึงกลไกในการก่อโรคของ PM_{2.5} ณ ในการป้องกันหรือรักษาการแพทย์ทางเลือกอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อใช้ป้องกันหรือรักษาภาวะผิดปกติและโรคที่เกิดจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} [3]

พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะ ทำให้ในช่วงฤดูแล้งที่อากาศแห้ง ประจวบกับความกดอากาศสูงหรือมวลอากาศเย็นแผ่ปกคลุม จึงทำให้เกิดหมอกในตอนเช้าได้ง่าย ซึ่งเมื่อรวมตัวกับฝุ่นละอองที่สะสมในอากาศ จึงส่งผลให้เกิดหมอกควัน (Smog) ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟ้าหาว โดยสาเหตุหลักเกิดจากการบุกรุกเผาทำลายป่า การเผาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับฤดูกาลถัดไป และการเผากำจัดขยะ [1] โดยข้อมูลตรวจวัดฝุ่น PM_{2.5} ที่สถานีศรีภูมิ เมืองเชียงใหม่ ของกรมควบคุมมลพิษ ทำให้ทราบว่ารูปแบบของฝุ่น PM_{2.5} มีลักษณะคล้ายกันทุกปี โดยพบค่าเกินมาตรฐานที่ประเทศไทยกำหนด ค่าฝุ่น PM_{2.5} ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนและมักมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคมของทุก

ปี โดยมักมีความรุนแรงสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานประมาณ 4 - 5 เท่า [4] ซึ่งช่วงเวลาที่เกิดภาวะหมอกควันนั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมของมนุษย์ และการเผาผลาญชีวมวลในที่โล่งที่มีกระทำได้ในฤดูแล้ง ตั้งแต่มกราคมถึงเมษายน [5] จึงเรียกได้ว่าเป็นช่วงฤดูกาลหมอกควัน

หมอกควันกลายเป็นปัญหาของภาคเหนือที่ต้องเกิดขึ้นเป็นประจำในทุกปี โดยเฉพาะช่วงอากาศแล้ง อาจเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนและมักมีปริมาณสูงสุดในเดือนมีนาคม ทั้งนี้ในปี พ.ศ.2555 พบว่าหมอกควันเริ่มปรากฏชัดเจนตั้งแต่ช่วงกลางเดือนมกราคม ส่งผลให้สภาพคุณภาพอากาศแย่งจนพบผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยปัญหาหมอกควันได้สร้างผลกระทบมหาศาลโดยเฉพาะภาคการท่องเที่ยวที่หยุดชะงัก อุบัติเหตุทางการจราจร และปัญหาสุขภาพของประชาชน ซึ่งมีการประเมินมูลค่าความเสียหายในครั้งนั้นไม่ต่ำกว่า 2,000 ล้านบาท [6] ขณะที่ทางจังหวัดเชียงใหม่ได้มีกระบวนการแก้ปัญหาโดยมุ่งเน้นไปที่ปัญหาไฟป่า แต่การบรรเทาปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองก็เป็นสิ่งที่มองข้ามได้เช่นกัน ซึ่งกระบวนการบรรเทาปัญหาที่มีอยู่ก่อนแล้ว เช่น การติดตั้งระบบฟั่นละอองน้ำที่มีการเปิดใช้งานตลอดเวลาตามทางแยกและตามตลาดฟ้าอาครขนาดใหญ่ หรือขบวนรถบรรทุกน้ำฉีดฟั่นละอองน้ำตามบริเวณศูนย์กลางเมืองเชียงใหม่ ซึ่งเป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นในอากาศและลดความรุนแรงของหมอกควันได้ ทั้งยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานที่ไม่จำเป็นซึ่งอาจเป็นต้นเหตุของปัญหาฝุ่นควันในอนาคต แต่ปัญหาหมอกควันนั้นเกิดจากหลายสาเหตุ ทำให้แต่ละพื้นที่มีบริบทในการแก้ปัญหาที่ต่างกัน และต้องได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน การทำให้ประชาชนตระหนักถึงปัญหาก็เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญ [7]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษารูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ภายในช่วงฤดูกาลหมอกควัน ผ่านการบันทึกค่า PM2.5 จากการเก็บข้อมูลด้วยอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศส่วนตัว, ข้อมูลจากสถานีวัดคุณภาพในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ และข้อมูลที่มีการแบ่งปันผ่านสื่อและแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ไม่เป็นทางการ กับข้อมูลจากแหล่งมาตรฐาน โดยจะแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลาในแต่ละวัน เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวที่เกิดขึ้นภายในปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 และสร้างเป็นแผนที่แบบจำลองที่แสดงถึงความสอดคล้องกันของแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถช่วยสื่อสารให้ประชาชนได้เห็นภาพของปัญหามลพิษทางอากาศอย่างเป็นรูปธรรม และสามารถประยุกต์ใช้กับแนวทางบรรเทาปัญหาทั้งมาตรการที่กำลังดำเนินการอยู่และที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคตให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่
2. เสนอแนะแนวทางบรรเทาปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่

สมมติฐานในการศึกษา

เป็นการสร้างแผนที่แบบจำลองกายภาพ ผ่านการบันทึกค่า PM2.5 และหาค่าเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ย่อย จากนั้นจึงแทนค่าด้วยสี เพื่อแสดงถึงความรุนแรงและการกระจายตัวในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อนำเสนอข้อเสนอแนะ ผ่านทางมาตรการบรรเทาปัญหาจากภาครัฐที่มีอยู่เดิม ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

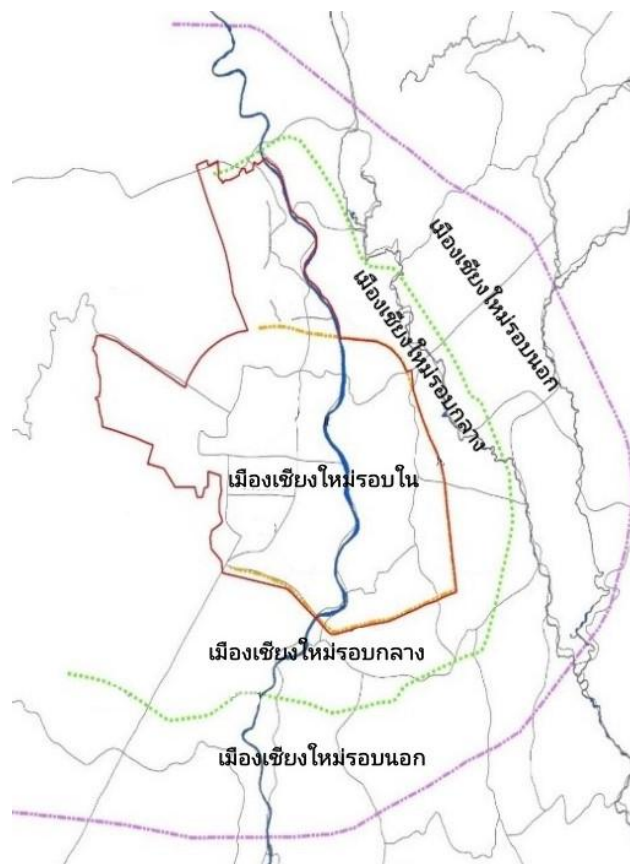
ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้นี้มีการวางแผนและเก็บข้อมูล ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน ของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 เป็นระยะเวลา 38 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดปรากฏการณ์หมอกควันของปีที่ศึกษา เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาความสอดคล้องของรูปแบบที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้กำหนด “พื้นที่เมืองเชียงใหม่” ดังภาพ 1 เป็นพื้นที่ศึกษา โดยใช้แนวเส้นทางหลวงแผ่นดิน 121 หรือถนนวงแหวนรอบนอกเมืองเชียงใหม่ หรือถนนวงแหวนรอบ 3 เชียงใหม่ เป็นแนวเขตของพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจาก 5 อำเภอ 24 ตำบล โดยมีความสัมพันธ์กับความเป็นเมือง ที่มีรูปแบบวิถีชีวิตของประชากรในลักษณะอยู่อาศัยตามชนเมืองและเข้าไปทำงานในตัวเมือง และข้อจำกัดด้านงบประมาณ

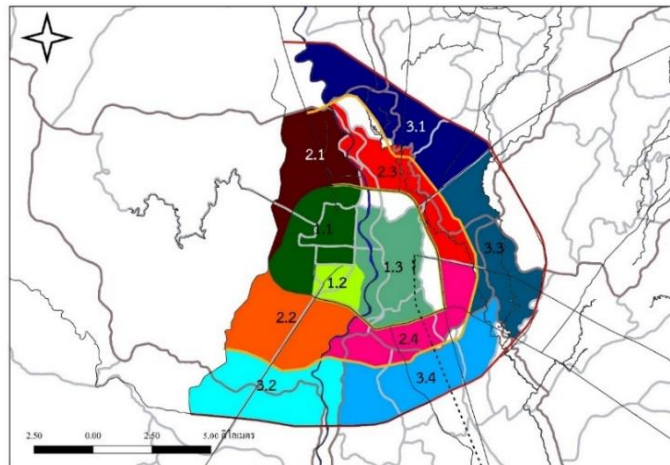
โดยแบบจำลองนี้เกิดจากการบันทึกข้อมูลความเข้มข้นของภาวะหมอกควันจากค่าฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ เป็นระยะ 38 สัปดาห์ ซึ่งจะถูกนำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวตามช่วงเวลา (เช้า บ่าย และค่ำ) และกระจายตามวันในหนึ่งสัปดาห์ ทั้งนี้ไม่ได้นำปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น ทิศทางลม ความชื้น หรือสารมลพิษทางอากาศอื่น ๆ มารวมอยู่ในการวิเคราะห์ด้วย เนื่องจากปัจจัยภายนอกดังกล่าวยังเป็นปัจจัยที่ยังควบคุมไม่ได้และประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้



ภาพที่ 1: พื้นที่ศึกษาเมืองเชียงใหม่

การแบ่งพื้นที่ย่อยในพื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งขอบเขตย่อย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีกิจกรรมและรูปแบบการสัญจรลักษณะเดียวกันเพื่อสะดวกต่อการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็นพื้นที่หลัก 3 พื้นที่ และพื้นที่ย่อย 11 พื้นที่ ดังภาพ 2



ภาพที่ 2: ขอบเขตย่อยเมืองเชียงใหม่

- 1) พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบใน ภายในถนนวงแหวนรอบ 1 เชียงใหม่ (แสดงด้วยเส้นสีส้มในภาพที่ 1)
 - 1.1) พื้นที่ตำบลศรีภูมิ ตำบลช้างม่อย ตำบลพระสิงห์ และตำบลหายยา ซึ่งเป็นพื้นที่ผสมผสานระหว่างเมืองเก่า ย่านพาณิชยกรรม และท่องเที่ยว ซึ่งมีผู้คนพลุกพล่านตลอดเวลา
 - 1.2) พื้นที่ตำบลช้างคลาน เป็นพื้นที่เมืองเก่าที่มีการสัญจรไม่มาก แต่อยู่ระหว่างย่านพาณิชยกรรมสำคัญ
 - 1.3) พื้นที่ตำบลวัดเกต เป็นพื้นที่มีสถานที่สำคัญหลายแห่ง เช่น โรงเรียน สถานีขนส่ง ขณะมีที่เส้นทางจราจรที่แคบและยากต่อการขยายช่องทางเพิ่ม
- 2) พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบกลาง ตั้งแต่ถนนวงแหวนรอบ 1 ถึงรอบ 2 (แสดงด้วยเส้นสีเขียวในภาพที่ 1)
 - 2.1) พื้นที่ตำบลช้างเผือก เป็นที่ตั้งของสถานที่ราชการเป็นส่วนใหญ่
 - 2.2) พื้นที่ตำบลสุเทพ บางส่วนของตำบลป่าแดด เป็นชุมชนอยู่อาศัยในย่านชานเมืองและสนามบิน
 - 2.3) พื้นที่ตำบลป่าตัน ตำบลสันผีเสื้อ ตำบลฟ้าฮ่าม ตำบลหนองป่าครั่ง เป็นพื้นที่มุ่งสู่ชานเมือง มีทั้งชุมชนอยู่อาศัย ห้างสรรพสินค้า และย่านพาณิชยกรรมสำคัญ ซึ่งเป็นทางผ่านสำคัญที่มุ่งสู่ตัวเมือง
 - 2.4) พื้นที่ตำบลท่าศาลา ตำบลหนองหอย เป็นพื้นที่ชานเมือง มีหอพักและชุมชนอยู่อาศัยหนาแน่น
- 3) พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบนอก ตั้งแต่ถนนวงแหวนรอบ 2 ถึงรอบ 3 (แสดงด้วยเส้นสีม่วงในภาพที่ 1)
 - 3.1) พื้นที่ตำบลหนองจ่อม ตำบลสันทรายน้อย เป็นพื้นที่ชานเมืองที่มีการอยู่อาศัยหนาแน่น มีทั้งชุมชนอยู่อาศัยเดิมและโครงการบ้านจัดสรร ทำให้มีการจราจรหนาแน่นในช่วงก่อนและหลังเวลางาน
 - 3.2) พื้นที่ตำบลสันกลางท่าวังตาล ตำบลหนองผึ้ง ตำบลไชยสถาน เป็นพื้นที่เมืองเก่า และโครงการบ้านจัดสรรที่กระจายตัวกันอยู่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา
 - 3.3) พื้นที่ตำบลสันพระเนตร ตำบลสันกลาง เป็นพื้นที่ชุมชนอยู่อาศัยปานกลาง เป็นจุดตัดของถนนไฮเวย์ที่มีการใช้ความเร็วในการสัญจร
 - 3.4) พื้นที่ตำบลแม่เหียะ บางส่วนของตำบลป่าแดด ตำบลหนองควาย เป็นพื้นที่ชานเมืองที่มีการอยู่อาศัยและจราจรปกติ แต่มีสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญทำให้มีการจราจรหนาแน่นในช่วงวันหยุด

การตั้งสมมุติฐานในการวิจัย

การตั้งสมมุติฐานในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของ PM2.5 จากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่มีข้อมูลของสถานการณ์หมอกควันจังหวัดเชียงใหม่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ.2562

ซึ่งมีความรุนแรงเกินกว่าค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ช่วงวันเวลาที่เกิดหมอกควันนั้นกลับมีความใกล้เคียงกัน จึงมีการตั้งสมมุติฐานว่าหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่ศึกษานั้นมีรูปแบบการกระจายตัวที่สอดคล้องกันในทุกปี

การสำรวจข้อมูล

การสำรวจข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้เป็นการสำรวจข้อมูลค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง PM2.5 รายชั่วโมง ผ่านทางเครื่องวัดค่าคุณภาพอากาศขนาดพกพา SNDWAY รุ่น SW825 PM2.5 Detector จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งมีการนำมาติดตั้งไว้ที่บริเวณหลังการถยนต์ที่จะขับไปจอดตามจุดต่าง ๆ ของแต่ละพื้นที่ย่อย โดยเครื่องที่ 1 เก็บข้อมูลในพื้นที่ย่อย 1.1, 1.2, 1.3, 2.1 เครื่องที่ 2 เก็บข้อมูลในพื้นที่ย่อย 2.2, 2.4, 3.2, 3.4 และเครื่องที่ 3 เก็บข้อมูลในพื้นที่ย่อย 2.3, 3.1, 3.3 เนื่องจากเหตุผลเรื่องความห่างไกลของพื้นที่และข้อจำกัดเรื่องจำนวนอุปกรณ์ จึงได้เพื่อระยะเวลาเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งประมาณ 10 นาที รวมทั้งหมด 11 จุด โดยทำการสำรวจข้อมูลในรูปแบบเดียวกันนี้ 4 ครั้ง ต่อ 1 ช่วงเวลา ซึ่งเริ่มเก็บค่าในแต่ละครั้งพร้อมกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน ตลอดเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ.2563

ถัดมาได้เก็บแหล่งข้อมูลของภาครัฐ โดยเป็นการบันทึกค่าความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมง วันละ 12 ชั่วโมง ระยะเวลา 3 วัน จาก 2 สถานี ได้แก่ ข้อมูลจากสถานีศรีภูมิ ตั้งอยู่ที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย, ข้อมูลจากสถานีศูนย์ราชการเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่ศูนย์ราชการเชียงใหม่ และเก็บข้อมูลในช่วงฤดูการหมอกควันทั้งหมดของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 ที่ได้จากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีทั้งข้อมูลค่าดัชนีคุณภาพอากาศและค่าความเข้มข้น PM2.5 ที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลอย่างไม่เป็นทางการ และได้มีการแบ่งปันผ่านสื่อและแอปพลิเคชันต่าง ๆ เช่น IQAir, Air4Thai, Chiang Mai Air Pollution: Real time Air Quality Index เป็นต้น รวมถึงข้อมูลจากสถานีศูนย์วิจัยสถิติและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งนำเสนอข้อมูลรูปแบบเรียลไทม์ผ่านทาง www.cmuccdc.org

การเปรียบเทียบข้อมูลจากแหล่งข้อมูลมาตรฐาน

ในการคำนวณ PM2.5 AQI นั้นมีการลดทอนเบต้าในการคำนวณ ซึ่งคิดเป็นปริมาณไมโครกรัม (น้ำหนัก) ต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ จากนั้นก็นำจำนวนไมโครกรัมไปแปลงเป็น AQI ดังนั้น 1 ไมโครกรัม = 2 AQI หรือ 1 ไมโครกรัม = 10 AQI 10 ไมโครกรัมแรกนับเป็น 42 AQI แต่เมื่อค่าไมโครกรัมถึง 100 แล้วค่าก็ตัดไปที่ละ 10 ไมโครกรัม นับเป็นเพียง 5 AQI เท่านั้น และในที่สุดก็จะเป็น 1 ต่อ 1 [1] โดยสามารถคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของ PM2.5 ผ่านทางเว็บไซต์ [8] ซึ่งการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ส่วนตัวและจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ กับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลของภาครัฐในพื้นที่เดียวกัน ที่มีการเปรียบเทียบข้อมูลวันละ 12 ชั่วโมง เป็นระยะ 3 วัน ทั้งหมด 36 ชั่วโมง โดยพิจารณาความสอดคล้องกันของข้อมูลมาตรฐาน แล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) จากสูตร $I.O.C = R / N$ [9]

R = ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากแหล่งมาตรฐาน N = ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากเครื่องวัด

$I.O.C$ มากกว่า หรือ เท่ากับ 0.5 แสดงว่า Valid/ใช้ได้

ตัวอย่าง การพิจารณาข้อมูลวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2563

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM2.5 จากสถานีศรีภูมิ = 54 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากเครื่องวัด = 52 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

$I.O.C = 1.03$ ซึ่งมากกว่า 0.5

ตัวอย่าง การพิจารณาข้อมูลวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2563

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM2.5 จากสถานีศรีภูมิ = 45 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากเครื่องวัด = 42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

$I.O.C = 1.07$ ซึ่งมากกว่า 0.5

ทำให้ทราบว่าข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ส่วนตัวและจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ กับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลมาตรฐานของภาครัฐนั้นมีค่าความสอดคล้องกันเกินร้อยละ 95

ตารางที่ 1: เปรียบเทียบค่าระหว่าง AQI และ PM_{2.5}

ความหมาย	AQI	PM _{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	คำอธิบาย
อากาศดีมาก	0 – 50	0 – 12.0	สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งหรือท่องเที่ยวตามปกติ
อากาศดี	51 – 100	12.1 – 35.4	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : ทำกิจกรรมกลางแจ้งตามปกติ <u>ผู้ที่ไวต่อมลพิษ</u> : ลดกิจกรรมที่ใช้เวลานาน
ปานกลาง	101 – 150	35.5 – 55.4	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : ทำกิจกรรมกลางแจ้งตามปกติ <u>ผู้มีปัญหาสุขภาพ</u> : หลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งที่ใช้แรงมากและใช้เวลานาน
อากาศแย่	151 – 200	55.5 – 150.4	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : ลดกิจกรรมกลางแจ้งที่ใช้เวลานาน <u>ผู้มีปัญหาสุขภาพ</u> : งดกิจกรรมกลางแจ้ง ให้พักหรือทำกิจกรรมในอาคาร
อากาศแย่มาก	201 – 300	150.5 – 250.4	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : หลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งที่ใช้เวลา <u>ผู้มีปัญหาสุขภาพ</u> : งดกิจกรรมกลางแจ้งทุกชนิด และสวมอุปกรณ์ป้องกันเมื่อจำเป็น
อันตราย	301 – 500**	250.5 -500.4*	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : งดกิจกรรมกลางแจ้งทุกชนิด และสวมอุปกรณ์ป้องกันเมื่อจำเป็น <u>ผู้มีปัญหาสุขภาพ</u> : ควรพักในอาคารและงดกิจกรรม

ปรับปรุงมาจาก Chiang mai Air Quality Health Index [10]

การพัฒนาแบบจำลอง

งานวิจัยนี้เป็นการแสดงรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM_{2.5} ผ่านทางแผนที่กายภาพ ซึ่งจะแสดงลักษณะความรุนแรงของภาวะหมอกควัน PM_{2.5} ที่ปกคลุมพื้นที่ศึกษาในช่วงเวลานั้น ออกมาในลักษณะของกายภาพ เพื่อให้เห็นภาพอย่างเป็นรูปธรรม โดยทำการสำรวจข้อมูลความเข้มข้นของ PM_{2.5} รายชั่วโมง ในแต่ละพื้นที่ย่อย ผ่านทางแบบจำลองการไหลของมลพิษทางอากาศ โปรแกรม ANSYS flow simulation เป็นการจำลองการไหลของอากาศในพื้นที่ปิด พัฒนาโดย DTM DTA ซึ่งปกติต้องมีค่าใช้จ่ายในการอบรมและใช้งานโปรแกรม แต่ผู้วิจัยมีโอกาสดำเนินการอบรมหลักสูตร “ANSYS Discovery Workshop : การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (CAE) ด้วยเทคโนโลยี Real time simulation” เมื่อวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2563 ที่อาคารชานาญเพ็ญชาติฯ พระรามเก้า กรุงเทพฯ โดยเป็นการทดลองใช้งานโปรแกรมในช่วงเวลาจำกัด และไม่สามารถนำภาพที่ได้จากโปรแกรมออกมาใช้งานภายนอกได้

หลังจากได้รูปแบบการกระจายตัวแล้ว แสดงข้อมูลผ่านแผนที่ที่กำหนดสีความรุนแรงต่าง ๆ ลงในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยจะเห็นความแตกต่างรวมถึงการกระจายตัวของหมอกควัน PM_{2.5} ในแต่ละช่วง ซึ่งกำหนดให้มี 3 ช่วงเวลา ดังนี้ (เนื่องจากเหตุผลเรื่องความห่างไกลของพื้นที่และข้อจำกัดเรื่องจำนวนอุปกรณ์ จึงได้เผื่อระยะเวลาเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งประมาณ 10 นาที)

- 1) ช่วงเช้า ตั้งแต่ 6.00 – 11.00 น.
- 2) ช่วงบ่าย ตั้งแต่ 12.00 – 16.00 น.
- 3) ช่วงค่ำ ตั้งแต่ 17.00 – 21.00 น.

จากนั้นนำข้อมูลแต่ละช่วงเวลาของแต่ละพื้นที่ที่กำหนดเป็นค่าเฉลี่ย โดยจะมีทั้งหมด 3 ช่วงเวลา ต่อ 1 พื้นที่ย่อย และจะมีข้อมูลทั้งหมด 11 พื้นที่ต่อวัน ซึ่งมีการแทนค่าด้วยสี (ตารางที่ 1) เพื่อสะดวกต่อการศึกษารายจากอากาศที่ปรากฏที่สุด ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง สีส้ม สีแดง และสีม่วง ตามลำดับ (ภาพที่ 3) โดยแผนที่แบบจำลองที่ได้จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ การเคลื่อนที่ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของหมอกควัน PM2.5 ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นปีที่มีสถานการณ์หมอกควันรุนแรงอย่างมากปีหนึ่ง



ภาพที่ 3: แสดงสีระดับความรุนแรงที่ใช้ในแผนที่

การวิเคราะห์ผลรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5

นำแบบจำลองกายภาพที่ได้ มาทำการจับกลุ่มความถี่ที่ซ้ำกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลามากำหนดสีลงบนแผนที่ โดยแผนที่ที่ได้นั้นจะแสดงให้เห็นสถานการณ์ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวัน ซึ่งสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ หรือรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 จากช่วงเช้าไปยังช่วงบ่าย และจากช่วงบ่ายไปยังช่วงค่ำได้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับนโยบายบรรเทาปัญหาที่ดำเนินการอยู่ ว่าควรเปิดใช้งานหรือดำเนินการตามวิธีใด จึงจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และสูญเสียทรัพยากรน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

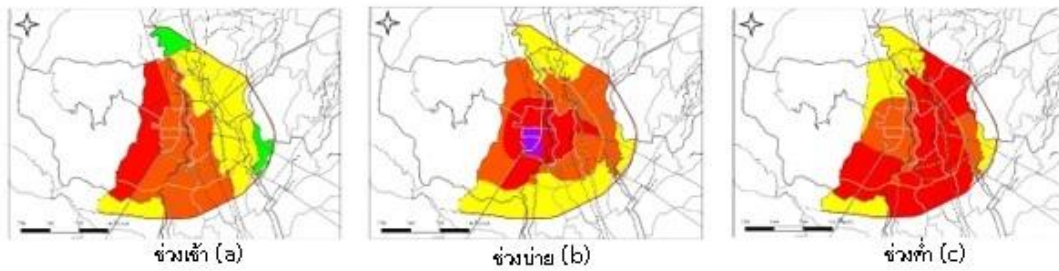
จากการสำรวจข้อมูลในครั้งนี้ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยหาพื้นที่และช่วงเวลาที่มีความสอดคล้องกัน พบว่าข้อมูลหมอกควัน PM2.5 ในเมืองเชียงใหม่ของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นปีที่มีรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 สอดคล้องกัน โดยแบ่งเป็นกระจายตัวเชิงพื้นที่และกระจายตัวเชิงเวลา หลังจากนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีวัดคุณภาพอากาศซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลมาตรฐานนั้น โดยใช้การเปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมง ครั้งละ 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่าข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกันเกินร้อยละ 95 จึงสามารถใช้อ้างอิงกับสถานการณ์จริงได้

จากรูปแบบการกระจายทั้ง 4 กลุ่ม สามารถนำมาบันทึกข้อมูลในแต่ละพื้นที่ย่อย (ภาพที่ 2) แล้วนำเสนอผ่านแผนที่ โดยรูปแบบการกระจายตัวทั้ง 4 รูปแบบนี้เกิดขึ้นตามวันและเวลาที่ต่างกันไป โดยได้กำหนดชื่อเรียกแต่ละรูปแบบซึ่งขึ้นต้นด้วย “CmSg __” ที่ย่อมาจาก Chiang mai Smog และแทนค่าความรุนแรงในแต่ละพื้นที่ด้วยสี ที่เรียงตามระดับจากน้อยไปหามาก ดังตาราง 1 และภาพ 3

1) การกระจายตัวในวันจันทร์ถึงศุกร์ (CmSgA)

เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ เป็นการกระจายตัวออกจากศูนย์กลาง โดยเห็นรูปแบบชัดเจนในช่วงบ่ายที่หมอกควันไปรวมตัวที่ใจกลางเมืองก่อนจะกระจายตัวไปสู่พื้นที่ข้างเคียงในช่วงค่ำ ซึ่งส่งผลให้เมืองเชียงใหม่รอบกลางและเมืองเชียงใหม่รอบนอกมีระดับความรุนแรงที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะบริเวณแนวถนนสายหลักทั้ง 5 เส้นทาง ช่วงเช้าพบความรุนแรงสูงสุดตามแนวถนนเลียบคลองชลประทานซึ่งติดกับดอยสุเทพ สอดคล้องกับสภาพความกดอากาศสูงและอุณหภูมิต่ำทำให้หมอกควัน PM2.5 ไปรวมตัวอยู่ในบริเวณนี้ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ ขณะที่ช่วงบ่ายได้ไปรวมอยู่ที่ใจกลางเมืองแทน และสุดท้ายในช่วงค่ำที่พบความเปลี่ยนแปลงอีกครั้ง เมื่อพื้นที่ใจกลางเมืองมีความรุนแรงลดลง ขณะที่พื้นที่โดยรอบมีระดับความ

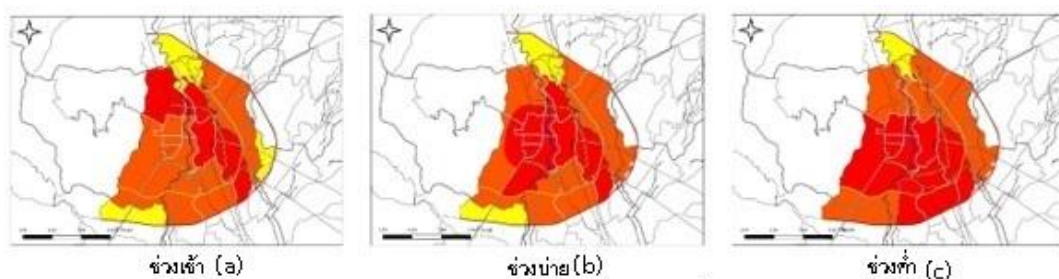
รุนแรงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะตามแนวถนนสายหลักที่ออกจากเมืองเชียงใหม่ไปยังพื้นที่ชานเมือง ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการจราจรของประชากรในพื้นที่ ที่มีการสัญจรกลับสู่ที่พักอาศัยตามชานเมือง



ภาพที่ 4: แสดงรูปแบบ CmSgA ช่วงเช้า (a), บ่าย (b) และค่ำ (c) ตามลำดับ

2) การกระจายตัวในวันเสาร์และอาทิตย์ (CmSgB)

เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในวันเสาร์และอาทิตย์ เป็นการเคลื่อนที่ไปตามทิศทาง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากความรุนแรงระดับสีแดงที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งในทุกช่วงเวลา เริ่มจากทางทิศเหนือของใจกลางเมืองในช่วงเช้า ขยับลงมาทางทิศตะวันตกและทิศใต้ ในช่วงบ่ายและค่ำ สามารถเห็นรูปแบบการกระจายตัวได้ชัดเจน โดยมีหมอกควันที่รุนแรงปกคลุมตลอดทั้งวัน แต่พื้นที่ที่มีความรุนแรงสูงที่มีระดับสีแดงนั้นจะรวมตัวอยู่ภายในเขตถนนสมโภชเชียงใหม่ 700 ปี หรือถนนวงแหวนรอบกลางของเชียงใหม่ ซึ่งเป็นย่านพาณิชย์ที่สำคัญ เป็นที่ตั้งของตลาด ห้างสรรพสินค้า และแหล่งท่องเที่ยวหลายแห่ง ซึ่งสอดคล้องกับการใช้งานพื้นที่ของประชากรในช่วงวันหยุดเสาร์และอาทิตย์

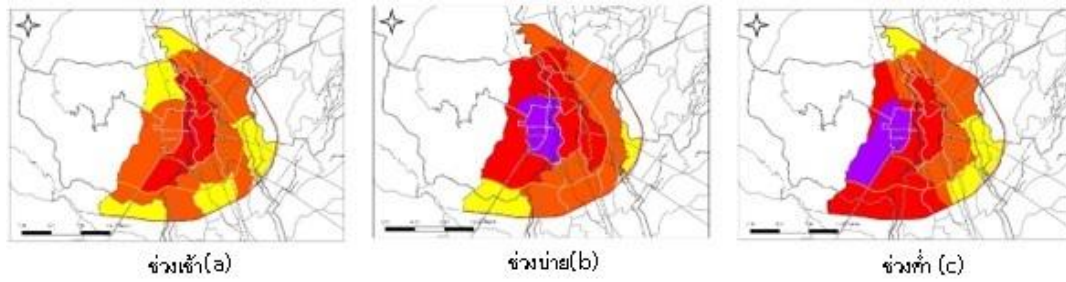


ภาพที่ 5: แสดงรูปแบบ CmSgB ช่วงเช้า (a), บ่าย (b) และค่ำ (c) ตามลำดับ

3) การกระจายตัวช่วงสุดสัปดาห์ที่มีวันหยุดนักขัตฤกษ์หรือวันหยุดยาว (CmSgC)

เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในช่วงที่มีวันหยุดติดต่อกันหรือเรียกว่าวันหยุดยาว และเป็นรูปแบบที่มีความรุนแรงสูงที่สุดจากทั้ง 3 รูปแบบ มีลักษณะคล้ายกับรูปแบบ A และ B รวมกัน แต่ต่างตรงที่พื้นที่ที่มีความรุนแรงในช่วงก่อนหน้านั้นไม่ได้มีระดับความรุนแรงลดลง ทั้งยังเปลี่ยนให้พื้นที่ข้างเคียงมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นการแผ่ขยายไปสู่พื้นที่โดยรอบ

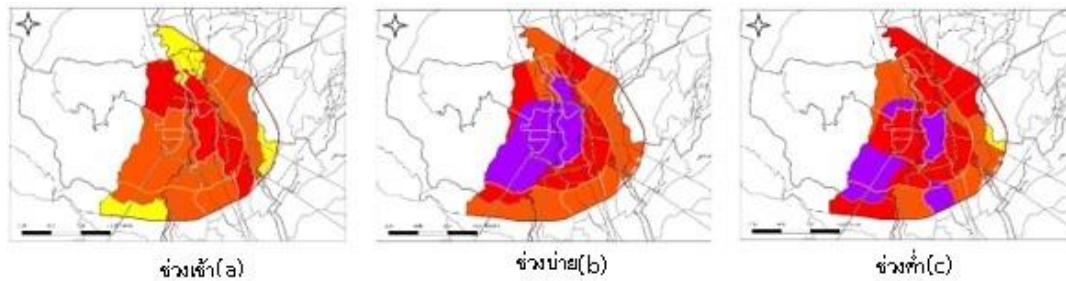
ตลอดช่วงเวลาที่เกิดขึ้นบันทึกข้อมูล 38 สัปดาห์ มีช่วงวันหยุดยาวทั้งสิ้น 7 ครั้ง และเกิดรูปแบบนี้ทั้งหมด 5 ครั้ง โดยช่วงเวลาที่มีความรุนแรงสูงและชัดเจนที่สุดคือช่วงวันหยุดวันจักรีและวันสงกรานต์ ในเดือนเมษายน พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นักท่องเที่ยวจำนวนมากเข้ามายังเมืองเชียงใหม่ รวมถึงประชากรที่ไปทำงานต่างพื้นที่ได้เดินทางกลับภูมิลำเนา สอดคล้องกับการสภาพท่องเที่ยว



ภาพที่ 6: แสดงรูปแบบ CmSgC ช่วงเช้า (a), บ่าย (b) และค่ำ (c) ตามลำดับ

4) รูปแบบที่ปรากฏเป็นบางครั้ง (CmSgD)

รูปแบบนี้มักเกิดขึ้นในวันอังคารถึงวันพุธ, วันศุกร์ และวันศุกร์ถึงวันเสาร์ เป็นรูปแบบที่มีความรุนแรงหลายพื้นที่และกระจายตัวไปทุกทิศทาง ก่อนจะกระจายออกไปอีกครั้งในช่วงถัดมา ทำให้วิธีการรับมือที่ดีที่สุด คือไม่ควรออกไปทำกิจกรรมในพื้นที่เปิดโล่ง



ภาพที่ 7: แสดงรูปแบบ CmSgD ช่วงเช้า (a), บ่าย (b) และค่ำ (c) ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากการพัฒนาแบบจำลองกายภาพรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของหมอกควัน สามารถจำแนกรูปแบบได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 รูปแบบที่มีความถี่คล้ายกันในช่วงวันปกติ ซึ่งมักเกิดขึ้นในวันจันทร์ถึงศุกร์ซึ่งเป็นการกระจายตัวออกจากศูนย์กลาง กลุ่มที่ 2 รูปแบบที่มีความถี่คล้ายกันในช่วงวันหยุดเสาร์และอาทิตย์ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ไปตามทิศทาง กลุ่มที่ 3 รูปแบบที่มีความรุนแรงพิเศษซึ่งเกิดขึ้น 5 ครั้ง จากช่วงที่มีวันหยุดเทศกาลติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันทั้งหมด 7 ครั้ง เป็นการแผ่ขยายไปสู่พื้นที่โดยรอบ และกลุ่มที่ 4 เป็นรูปแบบที่กระจายตัวในแบบคาดเดาได้ยาก แต่ไม่สามารถอธิบายความสอดคล้องได้เป็นพิเศษ โดยเกิดรูปแบบนี้เพียง 5 ครั้ง เช่นเดียวกับกลุ่มที่ 3 แต่ต่างตรงที่ไม่สามารถระบุช่วงวันที่เกิดที่ชัดเจนได้ จึงไม่ได้นำมารวมในการวิเคราะห์ ขณะที่รูปแบบที่มักเกิดขึ้นเป็นประจำ 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบ CmSgA เกิดขึ้น 176 ครั้ง และรูปแบบ CmSgB เกิดขึ้น 64 ครั้ง ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์งานวิจัยที่ต้องการศึกษารูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 ภายในพื้นที่ศึกษาเมืองเชียงใหม่ ในช่วงฤดูกาลหมอกควันของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563

สรุปผล

จากการเก็บข้อมูลในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ช่วงฤดูกาลหมอกควัน (มกราคม - เมษายน) ปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 พบรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควันตามวัตถุประสงค์งานวิจัย 3 รูปแบบ ดังนี้

- 1) การกระจายตัวในวันจันทร์ถึงศุกร์ (CmSgA) มีลักษณะกระจายตัวออกจากศูนย์กลางจากพื้นที่ที่มีความเข้มข้นสูงไปยังพื้นที่รอบ ในขณะพื้นที่ศูนย์กลางจะลดความรุนแรงลงตามช่วงเวลา
- 2) การกระจายตัวในเสาร์และอาทิตย์ (CmSgB) เป็นการเคลื่อนที่ไปตามทิศทางจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ลงมาทางพื้นที่ที่อยู่ทิศใต้ของเมือง

3) ช่วงสุดสัปดาห์ที่มีวันหยุดนักขัตฤกษ์หรือวันหยุดยาว (CmSgC) เป็นการแผ่ขยายออกสู่พื้นที่โดยรอบ โดยที่พื้นที่ศูนย์กลางไม่ได้มีความรุนแรงลดลงเหมือน 2 รูปแบบก่อนหน้า

ข้อเสนอแนะ

เป็นการนำเสนอข้อเสนอแนะที่เหมาะสมกับพื้นที่เมืองเชียงใหม่ตามวัตถุประสงค์งานวิจัยข้อ 2 โดยอ้างอิงจากแผนที่รูปแบบการกระจายตัวหมอกควัน CmSgA และ CmSgB เป็นหลัก เนื่องจากมีการเกิดเป็นประจำและครอบคลุมชีวิตประจำวัน ในขณะที่รูปแบบ CmSgC และ CmSgD นั้นแม้จะมีความรุนแรงมากกว่า แต่มีโอกาสเกิดน้อยครั้ง

1) แนวทางบรรเทาปัญหาในวันจันทร์ถึงศุกร์

1.1 อ้างอิงจาก CmSgA ช่วงเช้า นั้นหมอกควันมีการรวมตัวมากในพื้นที่ติดดอยสุเทพ ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าที่มีความกดอากาศสูงและอุณหภูมิต่ำ จึงไม่จำเป็นต้องใช้การฉีดน้ำซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิยังพื้นที่ดังกล่าว แต่สามารถปรับไปใช้พัดลมดูดอากาศ หรือสร้างห้องปลอดฝุ่นสำหรับรองรับประชากรกลุ่มเสี่ยงให้กับพื้นที่ที่มีความรุนแรงจึงเหมาะสมกว่า เช่น ศูนย์ราชการ ชุมชนช้างเผือก ชุมชนสุเทพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นต้น

1.2 อ้างอิงจาก CmSgA ช่วงบ่าย เนื่องจากมีหมอกควันกระจายตัวไปทุกพื้นที่ โดยเฉพาะใจกลางเมืองเชียงใหม่ที่มีความรุนแรงมากกว่าพื้นที่อื่น สามารถบรรเทาปัญหาโดยเปิดการใช้งานมาตรการทุกอย่าง รวมถึงรณรงค์ขอความร่วมมือจากภาคเอกชนให้ช่วยพ่นละอองน้ำเพิ่มความชุ่มชื้นในอากาศจากยอดตึกสูง

1.3 อ้างอิงจาก CmSgA ช่วงค่ำ มีสาเหตุหลักจากสภาพการจราจรที่หนาแน่น จึงควรเปิดใช้งานระบบพ่นละอองน้ำตามแนวถนนสายหลักตั้งแต่บริเวณเมืองเชียงใหม่รอบกลางไปจนถึงรอบนอก และสามารถติดตั้งพัดลมดูดอากาศตามทางแยกสำคัญที่ เช่น ทางแยกศาลเด็ก ทางแยกรวมโชค ทางแยกสนามบิน ทางแยกกองทราย เป็นต้น

2) แนวทางบรรเทาปัญหาวินเสาร์และอาทิตย์

เนื่องจากทั้ง 3 ช่วงเวลามีหมอกควัน PM2.5 ปกคลุมรุนแรงทุกพื้นที่ จึงสามารถเปิดการใช้งานมาตรการบรรเทาปัญหาได้ตลอดเวลา แต่อาจประยุกต์เปิดใช้งานเต็มที่ตามจุดที่เป็นระดับสีแดง เพื่อลดการใช้พลังงานได้เช่นกัน ขณะที่พื้นที่อื่นอาจเปิดใช้งานได้ตามสถานการณ์และความเหมาะสม โดยสามารถเปิดใช้งานระบบพ่นละอองน้ำและพัดลมดูดอากาศเวียนไปตามการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 ระดับสีแดง โดยอ้างอิงจากรูปแบบ CmSgB (ภาพ 5) ช่วงเช้า (a) ช่วงบ่าย (b) และช่วงค่ำ (c) ตามลำดับ

3) แนวทางบรรเทาปัญหาในช่วงวันหยุดยาว

อ้างอิงจากรูปแบบ CmSgC เนื่องจากเป็นการแผ่ขยายไปสู่พื้นที่โดยรอบและทุกพื้นที่เต็มไปด้วยหมอกควัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณหมอกควัน PM2.5 มีมากกว่าช่วงเวลาปกติ ทำให้มาตรการบรรเทาปัญหาอย่างการพ่นละอองน้ำ หรือพัดลมดูดอากาศ อาจไม่แสดงผลมากนัก ซึ่งวิธีการรับมือที่ดีที่สุดคือไม่ควรออกไปนอกที่พักอาศัย และสำหรับผู้ที่เป็นกลุ่มเสี่ยงก็ควรเปลี่ยนที่พักอาศัยให้เป็นห้องที่ปลอดฝุ่น หากมีเหตุจำเป็นต้องออกไปข้างนอกก็ควรสวมหน้ากากที่สามารถป้องกันฝุ่นละอองได้

มาตรการที่สอดคล้องกับเมืองเชียงใหม่

สถานการณ์หมอกควันของเมืองเชียงใหม่จัดเป็นพื้นที่ที่มีความรุนแรง จึงจำเป็นต้องดำเนินมาตรการทั้งมาตรการระยะสั้น กลาง และยาว โดยแนวทางบรรเทาปัญหาที่เหมาะสมต่อเมืองเชียงใหม่ ซึ่งเกิดปัญหาหมอกควันเป็นประจำและกำลังดำเนินอยู่ คือ บรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นประจำวันให้ได้มากที่สุด เช่น การพ่นละอองน้ำในอากาศให้ถูกเวลาที่ถูกเวลา การเปิดใช้งานพัดลมยักษ์ดูดอากาศในช่วงเวลาที่มีความรุนแรงสูง แล้วจึงมุ่งไปสู่แนวทางการจัดการปัญหาในระยะยาว เช่น การเพิ่มพื้นที่สีเขียว การจัดการปัญหาไฟป่าที่เด็ดขาด

1) มาตรการการติดตั้งระบบระบบพ่นละอองน้ำ

ภาคการปกครองจังหวัดเชียงใหม่ได้มีการติดตั้งระบบพ่นละอองน้ำตามทางแยกสำคัญต่าง ๆ รวมถึงบริเวณประตูและแจ้งในพื้นที่คูเมือง มีเปิดการใช้งานตลอดเวลาจะทำให้สิ้นเปลืองน้ำโดยไม่จำเป็น ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนพื้นที่และเวลาใช้งานโดยศึกษาจากรูปแบบการกระจายตัวได้

โดยระบบควบคุมฝุ่นโดยการฉีดพ่นละอองน้ำในที่เปิดโล่ง เกิดจากแนวความคิดการกำจัดฝุ่นที่เกิดจากเหมืองหินและโรงโม่หิน มีการคำนวณหาประสิทธิภาพการจับฝุ่นด้วยการฉีดพ่นละอองน้ำน้อยมากเมื่อเทียบกับระบบควบคุมฝุ่นแบบอื่น ๆ เนื่องจากเป็นระบบที่ถูกออกแบบให้ใช้งานได้ในที่ปิดโล่ง นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนหัวฉีดในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับทิศทางลมจากสิ่งแวดล้อม [11]

ตาราง 2: ตัวอย่างพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเปิดใช้งานระบบพ่นละอองน้ำ

วัน / เวลา	จันทร์ - ศุกร์	เสาร์ - อาทิตย์
ช่วงเช้า	พื้นที่ป่านอกเมือง ลดอุณหภูมิพื้นที่รอบข้าง เพื่อลดการกระจายตัวฝุ่นในพื้นที่เมือง	ชุมชนวัดเกต หนองหอย ท่าศาลา รอบคูเมืองและสนามบิน
ช่วงบ่าย	พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบใน และรอบกลาง	พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบใน และรอบกลาง
ช่วงค่ำ	เปิดใช้งานเต็มที่ตามแนวถนนสายหลักทั้งหมด ได้แก่ เส้นทางสุขุมวิท เส้นทางสุขุมวิทสายรอง สะเทิน เส้นทางสุขุมวิทกำแพง เส้นทางสุขุมวิทพูน เส้นทางสุขุมวิททางดง	เปิดใช้งานเต็มที่ตามแนวถนนสายหลัก และพื้นที่ทางทิศใต้และตะวันตกของเมืองเชียงใหม่ เช่น ชุมชนช้าง คลาน ชุมชนป่าแดด ชุมชนสุเทพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สนามบินเชียงใหม่ ชุมชนแม่เหียะ อำเภอสารภีและอำเภอหางดง
ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	ช่วยลดความรุนแรงในพื้นที่วิกฤติในระยะสั้น และอาจเพิ่มโอกาสให้เกิดฝนตกได้เล็กน้อย	

2) การติดตั้งระบบพัดลมดูดอากาศ

การติดตั้งพัดลมดูดอากาศเป็นแนวทางที่ถูกปฏิบัติมาตั้งแต่เริ่มปรากฏการณ์เช่นเดียวกับระบบละอองน้ำ โดยสามารถใช้ได้ทั้งแบบพัดลมดูดอากาศทั่วไปที่เหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือนหรือพื้นที่ปิด ซึ่งมีหลักการทำงานของเครื่องนี้จะดูดอากาศเสียในพื้นที่ ๓ ตารางกิโลเมตร มาผ่านกระบวนการบำบัดภายในเครื่องเพื่อเปลี่ยนให้เป็นอากาศดีก่อนปล่อยคืนออกไป [12] ซึ่งสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง รวมถึงสามารถนำมาติดตั้งตามอาคารที่พักอาศัยเพื่อสร้างห้องปลอดฝุ่นได้ และแบบพัดลมยักษ์ดูดอากาศที่มีระบบกรองอากาศอยู่ภายใน สามารถทำงานในพื้นที่เปิดโล่งได้ ในลักษณะของเครื่องกรองอากาศ และในการบรรเทาปัญหาในระดับเมืองควรติดตั้งตามทางแยกสำคัญ ควบคู่ไปกับระบบพ่นละอองน้ำ

โดยผลที่คาดว่าจะได้รับคือเป็นไปในทิศทางเดียวกับระบบพ่นละอองน้ำ คือเป็นการบรรเทาปัญหาแบบเฉพาะกิจช่วยกระจายหมอกควันที่เข้มข้นให้เบาบางลง ซึ่งควรเปิดใช้งานในช่วงเวลาที่มีความรุนแรงเกินระดับอากาศแย่ขึ้นไป

ตารางที่ 3: ตัวอย่างพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเปิดใช้พัดลมดูดอากาศ

วัน / เวลา	จันทร์ - ศุกร์	เสาร์ - อาทิตย์
ช่วงเช้า	บริเวณถนนเลียบบคลองชลประทานและพื้นที่ข้างเคียง	ศูนย์ราชการ ชุมชนป่าตัน ชุมชนฟ้าอำม ชุมชนวัดเกต ชุมชนหนองต้นผึ้ง
ช่วงบ่าย	พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบใน และรอบกลาง	คูเมืองเชียงใหม่ ชุมชนป่าแดด สนามบิน ค่ายกาวิละ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต1
ช่วงค่ำ	เปิดใช้งานเต็มตามทางแยกสำคัญ ทางแยกศาลเด็ก ทางแยกรวมโชค ทางแยกสนามบิน ทางแยกกองทราย	คูเมืองเชียงใหม่ สนามบิน ชุมชนสุเทพ ชุมชนหนองหอย อำเภอสารภี อำเภอหางดง
ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	ช่วยลดความรุนแรงในพื้นที่วิกฤติในระยะสั้น	

3) มาตรการการปลูกต้นไม้ดักฝุ่น

เป็นการช่วยส่งเสริมมาตรการบรรเทาปัญหาอื่น ๆ ที่สามารถส่งผลได้ในระยะยาว โดยเลือกพรรณไม้ที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในฤดูกาลหมอกควัน สามารถเลือกไม้ยืนต้นที่มีคุณสมบัติดักจับฝุ่นได้ดีมาปลูกตามแนวถนนบริเวณที่มีหมอกควันรุนแรง โดยเลือกบริเวณให้สอดคล้องกับจุดที่ติดตั้งระบบพ่นละอองน้ำ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นในอากาศและช่วยรดน้ำต้นไม้ไปในตัว และสามารถปลูกไม้กระถางสำหรับที่อยู่อาศัยให้สอดคล้องกับพื้นที่ปลอดฝุ่นได้เช่นกัน โดยพืชตระกูลสนจะช่วยดักจับฝุ่นได้ เพราะโครงสร้างของใบมีความละเอียดซับซ้อน แต่หากเป็นไม้เลื้อยจะดักจับฝุ่นได้มากกว่าไม้อื่น เพราะมีพื้นผิวใบมากกว่าต้นไม้อื่น ด้วยลักษณะใบที่เรียวยาว ชื่น หยาด มีขน หรือผิวใบที่เหนียวจะทำให้ฝุ่นเกาะติดใบได้ดี ส่วนลำต้น กิ่งก้านที่มีโครงสร้างพังก่อนอย่างสลับซับซ้อน มีส่วนช่วยดักจับฝุ่นได้เช่นกัน อาทิ ไทรเกาหลี คริสตินา โมก เป็นต้น [13]

โดยช่วงฤดูกาลหมอกควัน มักเกิดขึ้นตรงกับช่วงที่เจ้าหน้าที่จะดำเนินการตัดแต่งต้นไม้ในเขตทางหลวงอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งเป็นการตัดแต่งที่มากเกินไป ทำให้ต้นไม้ที่ถูกตัดเหลือแค่ส่วนของลำต้นในลักษณะคล้ายตอไม้ จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับการตัดแต่งต้นไม้เสียใหม่ รวมถึงอบรมให้ความเข้าใจแก่เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ปล่อยให้ต้นไม้ได้มีโอกาสทำหน้าที่ของมันคือการฟอกอากาศช่วยลดมลพิษ ผลที่คาดว่าจะได้รับคือเป็นการลดมลพิษในระยะยาวโดยใช้เครื่องฟอกอากาศตามธรรมชาติเข้าช่วยเหลือ

4) มาตรการพื้นที่ปลอดฝุ่น

เป็นพื้นที่ที่ช่วยลดความเสี่ยงในการสูด PM2.5 เข้าสู่ร่างกาย โดยเลือกห้องที่ห่างจากแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง และไม่มีแหล่งกำเนิดมลพิษภายในห้อง หรือกิจกรรมอื่นที่เป็นแหล่งกำเนิดควัน, ควรเลือกห้องที่มีประตูและหน้าต่างที่มีฝุ่นน้อยที่สุด เพื่อลดการแลกเปลี่ยนของอากาศภายนอกเข้ามาในอาคาร หากห้องมีเครื่องปรับอากาศควรเลือกห้องนั้น ไม่มีวัสดุที่เป็นแหล่งสะสมของฝุ่นภายในห้อง เช่น เพอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน พรม เป็นต้น [14] เปรียบเป็นห้องปรับอากาศที่สามารถทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันได้ เช่น ศูนย์อาหาร ห้องสมุด ศาสนสถาน เป็นต้น โดยทำการติดตั้งเครื่องกรองอากาศและปรับโครงสร้างรวมถึงสภาพภูมิทัศน์โดยรอบให้สะดวกต่อการถ่ายเทอากาศ ซึ่งสามารถกำหนดพื้นที่และเวลาการเปิดใช้งานได้โดยสอดคล้องกับกิจกรรมของประชาชนเป็นหลัก โดยผลที่คาดว่าจะได้รับคือสามารถเพิ่มความมั่นใจให้ประชากรกลุ่มเสี่ยงในเชียงใหม่ และลดปัญหาการเกิดผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นได้ เปรียบเป็นการสร้างพื้นที่หลบภัยในยามช่วงเวลาวิกฤต

ตารางที่ 4: ตัวอย่างพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเปิดพื้นที่ปลอดฝุ่น

วัน / เวลา	จันทร์ - ศุกร์	เสาร์ - อาทิตย์
ช่วงเช้า	สนามกีฬา 700 ปี ศูนย์ราชการ หอประชุมและ แสดงสินค้านานาชาติ	ตลาดสันป่าข่อย สถานีรถไฟเชียงใหม่ สถานีขนส่งเชียงใหม่ อาเขต 3
	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	สวนสาธารณะค่ายกาวิละ
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	
ช่วงบ่าย	ตลาดช้างเผือก ตลาดสมเพชร ตลาดศิริวัฒนา	วัดโลกโมฬี วัดสวนดอก วัดเจ็ดยอด วัดเจดีย์หลวง
	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โรงพยาบาลนคร พิงค์ โรงพยาบาลมหาราชนคร	วัดพระสิงห์ หอศิลปวัฒนธรรมเชียงใหม่
	สนามบิน เทศบาลนครเชียงใหม่ เทศบาลสุเทพ	สนามบิน ถนนคนเดินเชียงใหม่ ถนนคนเดินวัวลาย
ช่วงค่ำ	เทศบาลสันกลาง เทศบาลหนองผึ้ง เทศบาลแม่ เหิยะ	อุทยานหลวงราชพฤกษ์ หมู่บ้านถาว
ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	ช่วยลดปัญหาการเกิดผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น มีพื้นที่ปลอดภัยสำหรับกลุ่มเสี่ยง	

ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งต่อไป

การทำงานวิจัยนี้เกิดจากการบันทึกข้อมูลความรุนแรงของภาวะหมอกควันในพื้นที่เมืองเชียงใหม่จากค่าดัชนีคุณภาพอากาศ ในช่วงฤดูการหมอกควัน ผลลัพธ์จึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีความรุนแรงและกิจกรรมที่ดำเนินในพื้นที่ดังกล่าวเป็นสำคัญ

ในขณะที่สถานการณ์หมอกควันมีความรุนแรงมากขึ้น แต่ภาพลักษณ์เมืองเชียงใหม่ในเรื่องหมอกควันกลับกลายเป็นสิ่งขินตา เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่ต้องเกิดเป็นประจำทุกปี อีกทั้งยังมีปัญหาโรคระบาดมาแทรก อาจทำให้ใครหลายคนล้มตระหนกถึงความอันตรายของหมอกควันไป ผู้เขียนจึงต้องการให้สังคมกลับมาตื่นตัวกับเรื่องนี้อีกครั้ง โดยการทำงานวิจัยนี้เป็นเพียงตัวอย่างรูปแบบที่เกิดขึ้นใน พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 เพียงเท่านั้น หวังว่าจะเกิดประโยชน์แก่ผู้ศึกษาต่อไปไม่มากนักน้อย เพื่อให้การบรรเทาปัญหาที่ดำเนินอยู่นั้นสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น และนำอากาศที่สดใสกลับคืนสู่เมืองเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. รั้วรอบทิศมลพิษทางอากาศ บทเรียน แนวคิด และการจัดการ. กรุงเทพฯ: กขกรพับลิชชิ่ง; 2553. 110.
- พรพรรณ สุกุล. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคระบบหายใจในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2563; ปีที่ 4 ฉบับที่ 4: 41 – 48.
- บรรจบ ชุมหวัดดีกุล. ผลต่อสุขภาพของฝุ่นละอองในอากาศขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน กลไกก่อให้เกิดโรค และการรักษาด้วยการแพทย์ทางเลือก. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2563; ปีที่ 18 ฉบับที่ 1: 187 – 201
- สมพร จันทร์. แหล่งกำเนิด ผลกระทบและแนวทางการจัดการฝุ่นละออง PM 2.5 บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารสมาคมนักวิจัย. 2563; ฉบับที่ 25: 461 – 474.

- 5 Kim Oanh, N. T. Leelasakultum, K. Analysis of meteorology and emission in haze episode prevalence over mountain-bounded region for early warning. Science of the Total Environment. 2011; 2251 – 2271. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.02.022
- 6 อัจฉรีย์ ทิพนธธรณินทร์. แนวทางการแก้ปัญหาหมอกควัน สำหรับจังหวัดเชียงใหม่. วารสารด้านการบริหารรัฐกิจและการเมือง. 2558; ปีที่ 4 ฉบับที่ 1: 72 – 105. DOI: 10.14456/papo.2015.3
- 7 หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจ. การแผ่รังสีและเตือนภัยปัญหาหมอกควัน โดยเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศระบบเซ็นเซอร์ DustBoy ในประเทศไทย ระยะที่ 4. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2565.
- 8 กรมควบคุมมลพิษ. การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของ PM2.5. 2562. จาก <http://air4thai.pcd.go.th>
- 9 Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. On the use of content specialists in the
- 10 assessment of criterion-referenced test item validity. Dutch Journal of Educational Research. 2. 1997; 49-60.
- 11 Chiang mai Air Quality Health Index. ตารางเปรียบเทียบค่าระหว่าง AQI และ PM2.5. 2563.
- 12 สุชาติ วรรณศักดิ์ชัย. แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบกำจัดฝุ่นในที่ปิดโดยใช้การฉีดพ่นละอองน้ำ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542. DOI: 10.14457/CU.the.1999.69
- 13 ไกรพิชิต เมืองวงษ์. “ยักษ์เขียว” พัดลมดูดอากาศขนาดใหญ่. 2562. สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2563, จาก www.usagroundwater.com/
- 14 กันติทัต ทับสุวรรณ, ศิรเดช สุริต. การดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กจากควันธูปด้วยพืชในอาคาร. วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ. 2564; ปีที่ 6 ฉบับที่ 12.
- 15 กรมอนามัย. แนวทางลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) สำหรับสถานศึกษา. 2563. 30.

บทความวิจัย (Research Article)

การตรวจวัดระดับความสูงน้ำท่วมในเขตชุมชนด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล
Measurement of floodwater levels in urban areas using
digital image processing.

กฤษฎิยา พลกันยา¹ และ คัมภีร์ ธีระเวช^{1*}

Krittiya Pongunya¹ and Kumpee Teeravech^{1*}

¹คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

¹Faculty of Computer Science and Information Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

*Corresponding author email: kumpee.t@rbu.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)

14 มีนาคม 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

16 ตุลาคม 2566

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

20 ตุลาคม 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเทคนิคในการคำนวณหาความสูงของระดับน้ำท่วมในภาพถ่ายอาคารเขตชุมชนด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล การทำงานแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การเตรียมภาพถ่าย 2) การลดสัญญาณรบกวน 3) การตรวจหาขอบภาพ 4) การสกัดเส้นตรงแนวตั้ง และ 5) การคำนวณความสูงของระดับน้ำ งานวิจัยนี้กำหนดพื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ที่มีลักษณะของภาพอาคารที่แตกต่างกัน และใช้การตกแต่งภาพเพื่อจำลองสถานการณ์น้ำท่วม ผลการศึกษพบว่าพื้นที่ศึกษาที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 7.44 และพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 55.56 โดยความคลาดเคลื่อนในของพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีค่าสูงมากกว่าร้อยละ 50 และมีความคลาดเคลื่อนมากกว่ากรณีศึกษาที่ 1 เนื่องจากวัตถุที่มีขอบแนวตั้ง เช่น รั้ว และเสา ปรากฏในภาพถ่ายของพื้นที่ศึกษาที่ 2 มากกว่าพื้นที่ศึกษาที่ 1 จึงทำให้การสกัดเส้นตรงมีความผิดพลาดเป็นจำนวนมากกว่า

คำสำคัญ : การคำนวณระดับความสูงน้ำท่วม, การแปลงฮัฟ, การประมวลผลภาพดิจิทัล

Abstract

This research aims to study the methodology for calculating floodwater level in the photographs of urban areas using digital image processing techniques. The methodology can be divided into five steps: 1) data preparation 2) noise reduction 3) edge detection 4) extraction of vertical lines, and 5) calculation of the floodwater level. There are two distinct study areas that variations in the appearance of edges. To simulate flooding, water is manually added to the images using photo retouching software. The experimental results show that the error in calculating the floodwater level for the first study is 7.44 and 55.56 for the second area. The higher error rate in the second area can be attributed to the presence of the objects with vertical edges, such as fences and columns, which has greater presence compared to the first area.

Keywords : calculation of floodwater level; Hough transform; digital image processing

บทนำ

จังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดทางชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณอำเภอเมืองจันทบุรีมีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะและได้รับอิทธิพลของลมมรสุม จึงทำให้ประสบปัญหาอุทกภัยในพื้นที่บ่อยครั้ง เช่น อุทกภัยในปี พ.ศ.2565 [1] ซึ่งส่งผลกระทบต่อประชาชนที่ประสบอุทกภัย ทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจก็ทั้งยังส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ และสังคมเป็นมูลค่ามากกว่า 2,000 ล้านบาท เนื่องจากมีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น และเป็นเขตพื้นที่ชุมชน พื้นที่เศรษฐกิจ และพื้นที่การเกษตร [2]

ปัจจุบันมีเทคนิคการจัดการกับปัญหาอุทกภัยหลายรูปแบบ เช่น งานวิจัยของสุเทพ และคณะ [3] ซึ่งเป็นระบบเตือนภัยล่วงหน้า น้ำท่วม-ดินถล่มด้วยการใช้อุปกรณ์หลายรูปแบบเพื่อตรวจวัดปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน รวมถึงเสาว์ระดับน้ำ เพื่อตรวจจับและแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำสูงเกินค่าที่กำหนด หรือในกรณีของปฏิพัทธ์ ศรีแสง และคณะ [4] ซึ่งใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อวัดความสูงของระดับน้ำ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดประการหนึ่งของการใช้อุปกรณ์หรือเซนเซอร์คือราคาต้นทุนที่สูงรวมถึงระยะการตรวจจับที่มีขอบเขตจำกัด

การประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ในการประมวลผลหรือดำเนินการกับภาพถ่ายดิจิทัลเพื่อลดหรือสกัดสารสนเทศจากภาพถ่ายดิจิทัลได้หลายรูปแบบ เช่น การเพิ่มความคมชัดของภาพ, การตัดแก้ความบิดเบี้ยว (distortion) ของภาพ, การกำจัดสัญญาณรบกวน (noise) และการตรวจหาวัตถุในภาพ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปวิเคราะห์และนำไปสร้างเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายด้าน อาทิ ด้านการช่วยเหลือและบรรเทาภัยพิบัติ, ด้านการเกษตร, ด้านอุตสาหกรรม, ด้านความบันเทิง และด้านเทคโนโลยีป้องกันประเทศ [5]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการตรวจวัดระดับความสูงน้ำท่วมในเขตชุมชนด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล เพื่อคำนวณหาความสูงของระดับน้ำท่วม ซึ่งเทคนิคที่ได้นี้อาจจะทำให้หน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เพื่อคาดการณ์ภัยพิบัติน้ำท่วมในอนาคตได้ รวมทั้งยังเป็นประโยชน์กับประชาชนในการรับมือกับภัยพิบัติน้ำท่วมเพื่อลดความเสียหายที่จะส่งผลกระทบต่อตนเอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคนิคที่ใช้ในการหาระดับความสูงของน้ำท่วมด้วยข้อมูลภาพถ่ายในบริเวณชุมชน
2. เพื่อคำนวณหาระดับความสูงของน้ำท่วมในชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

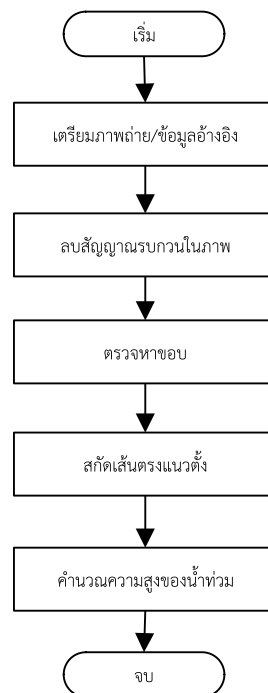
การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเทคนิคเพื่อการตรวจวัดระดับความสูงน้ำท่วมในภาพถ่ายเขตชุมชนด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้กำหนดรูปแบบของภาพถ่ายที่จะใช้เป็นพื้นที่ศึกษาสองรูปแบบ โดยมีปัจจัยที่สำคัญคือลักษณะของเส้นขอบของอาคารที่ปรากฏในภาพ พื้นที่ศึกษาที่ 1 มีลักษณะเป็นภาพระยะใกล้ของอาคารที่มีเส้นขอบอาคารหรือขอบผนังปรากฏในภาพชัดเจน ไม่มีวัตถุอื่นบดบัง และพื้นที่ศึกษาที่ 2 จะเป็นภาพถ่ายของอาคารที่ปรากฏวัตถุในภาพมากกว่า โดยความแตกต่างด้านการปรากฏของวัตถุในภาพนี้จะส่งผลต่อการสกัดและคำนวณความสูงของระดับน้ำในภาพ ซึ่งจะได้นำไป

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การประมาณค่าความสูงของระดับน้ำท่วมในเขตเมืองในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานคล้ายกับงานวิจัยของ Zhang et al., 2019. [6] ซึ่งใช้เทคนิคการตรวจหาขอบภาพเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ ต่างกันตรงที่เทคนิคของ Zhang et al., 2019 [6] นั้น จะวิเคราะห์ความหนาแน่นของเส้นขอบแนวนอนของขีดบอกค่าความสูงบนมาตรวัดระดับน้ำ แต่ในบทความวิจัยนี้จะวิเคราะห์ความยาวของเส้นตรงแนวตั้งที่สกัดออกมาได้เทียบกับความยาวที่ควรจะเป็นเมื่อไม่มีน้ำท่วม โดยภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยนี้ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การเตรียมภาพถ่าย/ข้อมูลอ้างอิง, 2) การกรองภาพด้วยวิธีคอนโวลูชัน, 3) ตรวจหาขอบ, 4) การหาเส้นตรงแนวตั้ง และ 5) การหาความสูงของระดับน้ำท่วม มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1: ขั้นตอนการทำงานของการศึกษาครั้งนี้

1. การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายและข้อมูลอ้างอิง

ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายของพื้นที่ที่คาดว่าจะน้ำจะท่วม มีภาพของฐานอาคารและเส้นขอบของผนังอาคารหรือวัตถุอื่นปรากฏเห็นได้ชัดเจนและไม่มีเส้นตรงแนวตั้งเส้นอื่นปรากฏซ้อนทับในภาพมากเกินไป จากนั้นจึงวัดความสูงของวัตถุที่เลือก เช่น ความสูงของผนัง เก็บไว้เป็นค่าอ้างอิงซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณขั้นสุดท้าย

2. การลดสัญญาณรบกวนในภาพ

การประมวลผลเริ่มต้นด้วยการแปลงภาพถ่ายที่ถ่ายได้จากภาพสี (color image) ให้เป็นภาพเฉดสีเทา (grayscale image) เนื่องจากไม่มีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลสีในการประมวลผลและเพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลในขั้นตอนอื่น ๆ จากนั้นจึงเป็นการดำเนินการกรองภาพ (image filtering) ซึ่งเป็นการดำเนินการที่สามารถใช้เพื่อสกัด (extract) ลักษณะเด่นหรือใช้เพื่อลดสัญญาณรบกวน (noise) ในภาพให้ลดลงโดยใช้เคอร์เนล (kernel) ร่วมกับเทคนิคการเลื่อนหน้าต่าง (sliding window) เพื่อดำเนินการกับส่วนย่อยของภาพ งานวิจัยนี้ใช้ตัวดำเนินการเกาส์เซียนเบลอ [7] เพื่อทำให้ภาพเบลอ

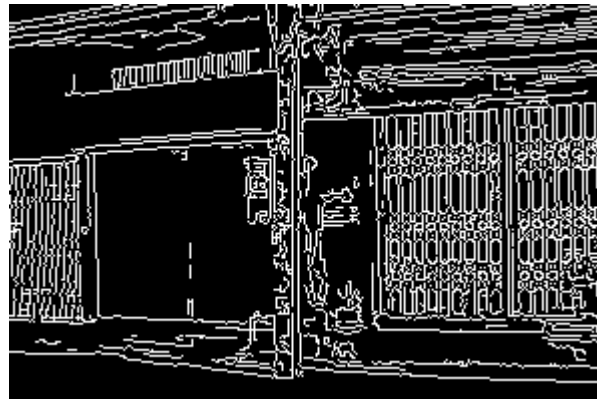
มากขึ้นเล็กน้อยซึ่งจะทำให้สัญญาณรบกวนในภาพลดลง ส่งผลให้การตรวจหาขอบภาพและเส้นตรงในขั้นตอนต่อ ๆ ไปทำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. การตรวจหาขอบแบบแคนนี่

ขั้นตอนต่อมาเป็นการนำภาพเฉดสีเทาที่ผ่านตัวกรองแล้วมาตรวจหาขอบ (edges) ด้วยตัวตรวจหาขอบแคนนี่ (Canny edge detector) [8, 9] ซึ่งเป็นตัวดำเนินการแบบหลายขั้นเพื่อสกัดขอบภาพในภาพถ่ายดิจิทัล ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นภาพไบนารี (binary image) โดยที่พิกเซลที่เป็นส่วนของขอบภาพจะปรากฏเป็นสีขาว และถ้าไม่ใช่ส่วนของขอบภาพจะปรากฏเป็นสีดำ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2



(ก) ภาพอินพุต



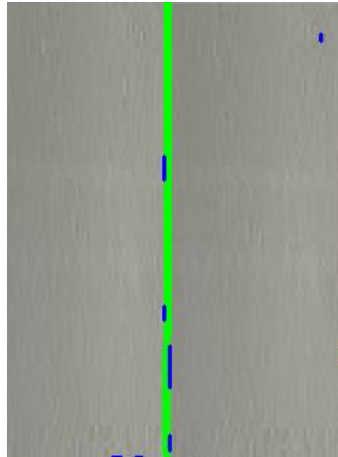
(ข) เส้นขอบที่ได้

ภาพที่ 2: ตัวอย่างการตรวจหาขอบด้วยวิธีแคนนี่

4. การตรวจหาเส้นตรงด้วยการแปลงฮัฟ

ขั้นตอนต่อมาเป็นการสกัดเส้นตรงจากข้อมูลเส้นขอบที่สกัดได้ โดยใช้การแปลงฮัฟ (Hough Transformation) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำข้อมูลขอบภาพที่สกัดมาผ่านขั้นตอนการให้คะแนนหรือโหวตว่าขอบภาพแต่ละพิกเซลมีโอกาสเป็นส่วนหนึ่งของเส้นตรงเส้นใดในภาพบ้าง โดยในกรณีของการสกัดเส้นตรงจะดำเนินโหวตในปริภูมิพารามิเตอร์มุมและระยะทางของแต่ละพิกเซลจากจุดกำเนิด [7, 10]

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างผลการสกัดเส้นตรงด้วยการแปลงฮัฟเปรียบเทียบให้เห็นผลก่อนและหลังลดสัญญาณรบกวนในภาพด้วยเกาส์เซียนเบลอ โดยภาพนี้เป็นภาพของผนังอาคารซึ่งมีแนวเส้นตรงปรากฏชัดเจนกลางภาพและพื้นหลังส่วนอื่นมีเส้นตรงแนวตั้งปรากฏเป็นสัญญาณรบกวนอยู่ทั่วภาพ เส้นสีน้ำเงินในภาพแสดงเส้นตรงที่สกัดได้จากการแปลงฮัฟแบบไม่มีการกรองสัญญาณรบกวน ผลลัพธ์จะได้เส้นตรงขนาดเล็ก (สีน้ำเงิน) กระจายอยู่หลายส่วนของภาพ รวมถึงเส้นหลักตรงกลางภาพที่มีความยาวมากที่สุดซึ่งโดนขาดด้วยเส้นสีเขียว โดยเส้นสีเขียวในภาพแสดงกรณีของการใช้ตัวกรองเกาส์เซียนเพื่อลดสัญญาณรบกวน จากตัวอย่างในภาพจะเห็นว่ากรณีหลังนี้สามารถลบเส้นที่ไม่ต้องการออกไปได้ทั้งหมด เหลือเฉพาะเส้นที่อยู่กึ่งกลางภาพเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 3: ตัวอย่างการลดสัญญาณรบกวนและการสกัดเส้นตรงแนวตั้ง

โดยปกติแล้วเส้นตรงที่สกัดได้จากการแปลงฮัฟจะมีความยาวและทิศทางการเอียงตัวแตกต่างกันไป ดังนั้นขั้นตอนต่อไปจึงเป็นการนำกลุ่มของเส้นตรงที่สกัดได้จากการแปลงฮัฟมาตรวจสอบเพื่อให้เหลือเฉพาะเส้นตรงแนวตั้ง โดยงานวิจัยนี้จะเลือกใช้เฉพาะเส้นตรงที่มีมุมเมื่อวัดเทียบกับแกน X ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาแล้วมีค่ามุมอยู่ในช่วง $90 \pm t\theta$ องศา เส้นตรงที่มีมุมนอกเหนือไปจากช่วงนี้จะถูกละทิ้งไป หลังจากนั้นจึงทำการตรวจสอบอีกครั้งด้วยการคำนวณระยะห่างระหว่างพิกัด X ของปลายเส้นตรงอ้างอิงที่ได้เตรียมไว้เทียบกับค่าพิกัด X ของปลายเส้นตรงที่ตรวจหาได้แต่ละเส้น หากระยะห่างนี้มีค่าเกินกว่าขีดแบ่ง t_x จะหมายถึงเส้นตรงนั้นอยู่ห่างจากเส้นอ้างอิงมากเกินไปและจะถูกละทิ้งไปเช่นกัน เสร็จแล้วจึงนำผลลัพธ์ที่เหลืออยู่มาคำนวณค่าเฉลี่ยค่าพิกัด X เพื่อให้ได้ตัวแทนของเส้นตรงที่ต้องการ และใช้ค่าพิกัด Y ที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดเป็นค่าพิกัดของปลายเส้นด้านบนและด้านล่างของเส้นนั้นตามลำดับ

5. การหาความสูงของระดับน้ำท่วม

ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำเส้นตรงแนวตั้งที่ได้จากการแปลงฮัฟมาคำนวณหาความสูงของระดับน้ำท่วม ซึ่งทำได้ด้วยการเทียบอัตราส่วนระหว่างความยาวของเส้นตรงที่สกัดได้จากภาพเปรียบเทียบกับความยาวของเส้นตรงที่ควรจะเป็นที่ได้วัดก่อนหน้านี้อย่างนี้ ดังสมการ

$$H_{water} = H_{ref}(1 - (L_{cal}/L_{ref})) \quad (1)$$

โดยที่ H_{water} = ความสูงระดับน้ำที่คำนวณได้ (เมตร),

H_{ref} = ความสูงจริงของเส้นอ้างอิง (เมตร),

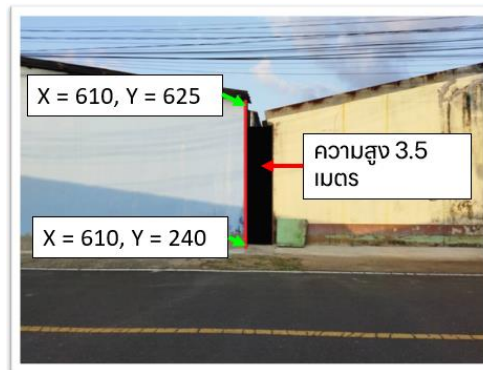
L_{cal} = ความยาวของเส้นที่คำนวณได้ในภาพ (พิกเซล), และ

L_{ref} = ความยาวของเส้นอ้างอิงในภาพ (พิกเซล)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

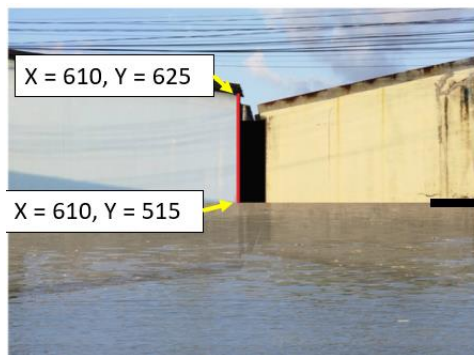
การศึกษานี้ใช้โปรแกรมภาษาไพทอน (Python) รุ่น 3.8 และคลังโปรแกรมโอเพ่นซีวี (OpenCV) รุ่น 4.3 [11] เป็นคลังโปรแกรมหลักในการดำเนินการประมวลผลภาพ โดยในขั้นตอนการนำภาพมาลดสัญญาณรบกวนนั้นได้กำหนดค่าขนาดหน้าต่างสำหรับการดำเนินการเกาส์เซียนเบลอเท่ากับ 5×5 พิกเซล และหลังจากได้ทำการทดลองเบื้องต้นหลายครั้งผู้วิจัยจึงได้กำหนดค่าขีดแบ่ง $t\theta$ ให้มีค่าเท่ากับ 5.0 องศาเพื่อกำหนดช่วงของความเอียงของเส้นตรงที่ต้องการให้อยู่ในช่วง $[85, 95]$ องศา และกำหนดค่าขีดแบ่ง $t_x = 5$ พิกเซล ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับการศึกษานี้

ภาพที่ 4 แสดงพื้นที่ศึกษาที่ 1 ซึ่งเป็นอาคารแห่งหนึ่งของหมู่บ้านในเขตอำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ในภาพแสดงสถานการณ์ปกติเมื่อไม่มีน้ำท่วม โดยผู้วิจัยได้เลือกขอบของอาคารที่อยู่บริเวณกลางภาพ (แสดงด้วยเส้นตรงแนวตั้งสีแดง) จากนั้นจึงกำหนดพิกัดจุดเริ่มต้นและจุดปลายของเส้นตรงนี้ด้วยมือ โดยในตัวอย่างนี้จุดเริ่มต้นด้านบนมีค่าพิกัดเป็น (610, 625) จุดปลายด้านล่างมีค่าพิกัดเป็น (610, 240) และวัดความยาวของเส้นตรงนี้ในสถานที่จริงได้เท่ากับ 3.5 เมตร



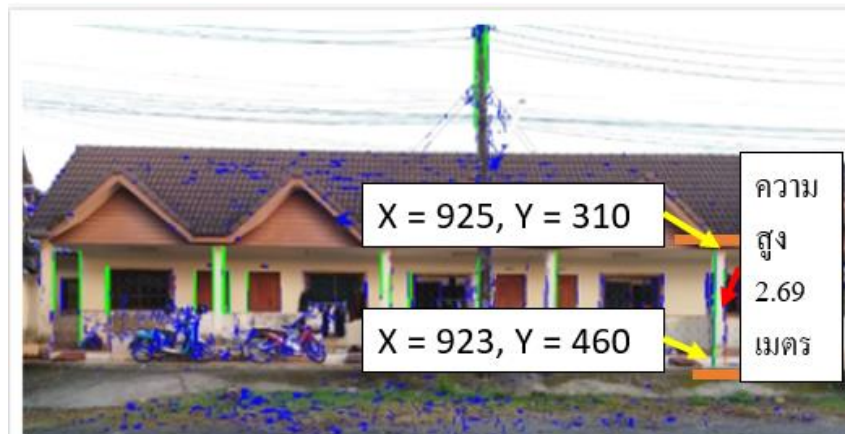
ภาพที่ 4: สถานการณ์ปกติในพื้นที่ศึกษาที่ 1

ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ซึ่งในกรณีตัวอย่างนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรมอะโดบี โฟโต้ชอป (Adobe PhotoShop) [11] เพื่อจำลองระดับน้ำในภาพขึ้นมา ผลการคำนวณพบว่าสามารถสกัดเส้นตรงแนวตั้งในภาพออกมาได้ 1 เส้น มีจุดปลายทั้งสองด้านที่พิกัด (610, 625) และ (610, 515) มีความยาวของเส้นตรงในภาพเท่ากับ 110 พิกเซล ซึ่งเมื่อนำไปแทนค่าในสมการที่ (1) แล้วจะได้ค่าความสูงของระดับน้ำเท่ากับ 1.0 เมตร



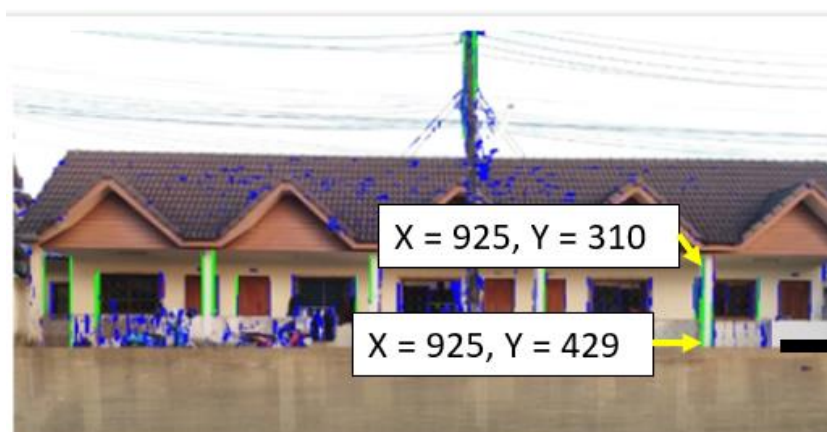
ภาพที่ 5: สถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาที่ 1

ภาพที่ 6 แสดงพื้นที่ศึกษาที่ 2 โดยในการทดลองนี้ผู้วิจัยเลือกอาคารชุดแห่งหนึ่งในชุมชนเดียวกันกับพื้นที่ศึกษาแห่งแรก แต่ในกรณีนี้จะมีเส้นตรงแนวตั้งปรากฏซ้ำกันในภาพหลาย ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ขอบของต้นเสาบริเวณด้านขวาของภาพเป็นเส้นอ้างอิงเนื่องจากไม่มีวัตถุอื่นบดบัง โดยมีพิกัดของจุดปลายของเส้นตรงเป็น (925, 310) และ (923, 460) และความสูงจากพื้นเท่ากับ 2.69 เมตร



ภาพที่ 6: สถานการณ์ปกติในพื้นที่ศึกษาที่ 2

จากนั้นจึงทำการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมขึ้นมาด้วยแนวทางเดียวกับพื้นที่ศึกษาแรก จากภาพจะเห็นว่าอัลกอริทึมสกัดเส้นตรงแนวตั้งที่โดดเด่นได้หลายเส้น ดังแสดงด้วยเส้นสีเขียวในภาพที่ 7 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาและจับกลุ่มเฉพาะเส้นตรงแนวตั้งที่อยู่ใกล้กับเส้นอ้างอิงในภาพที่ 7 แล้วจะได้เส้นตรงที่มีจุดปลายทั้งด้านเป็น (925, 310) และ (925, 429) มีความยาวในภาพเท่ากับ 119 พิกเซล ซึ่งเมื่อนำไปแทนค่าในสมการที่ (1) แล้วจะได้ค่าความสูงของระดับน้ำเท่ากับ 0.55 เมตร



ภาพที่ 7: สถานการณ์น้ำท่วมในกรณีศึกษาที่ 2

หลังจากคำนวณค่าความสูงของระดับน้ำได้แล้ว ผู้วิจัยจึงได้ลงพื้นที่อีกครั้งเพื่อทำการวัดค่าความสูงของพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งด้วยการตรวจสอบความสูงของระดับน้ำจำลองในภาพถ่ายด้วยสายตา เสร็จแล้ววัดความสูงด้วยตลับเมตร ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงที่วัดได้เทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 1: ความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณความสูงของระดับน้ำ

ดัชนี	พื้นที่ศึกษาที่ 1	พื้นที่ศึกษาที่ 2
ผลการทดลองที่ได้จากการคำนวณ	1.00 เมตร	0.56 เมตร
ความสูงของระดับน้ำท่วมที่วัดได้จริง	1.08 เมตร	0.36 เมตร
ค่าความคลาดเคลื่อน	0.08 เมตร	0.20 เมตร
ความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ	7.44	55.56

ในกรณีของพื้นที่ศึกษาที่ 1 มีค่านวระดับความสูงของน้ำได้เท่ากับ 1.00 เมตร และมีค่าที่วัดจริงได้เท่ากับ 1.08 เมตร ซึ่งจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.08 เมตร หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ศึกษาแรกคิดเป็นร้อยละ 7.44 และพื้นที่ศึกษาที่ 2 คำนวณได้ค่าความสูงของระดับน้ำประมาณ 0.56 เมตร ซึ่งผู้วิจัยได้วัดความสูงของระดับน้ำท่วมในพื้นที่จริงมีค่าเท่ากับ 0.36 เมตร ซึ่งคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.20 เมตร หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 55.56

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ศึกษาที่ 1 จะพบว่ามิติน้อยกว่าของพื้นที่ศึกษาที่ 2 ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากพื้นที่ศึกษาแรกนั้นมีการกำหนดให้ปรากฏเส้นตรงแนวตั้งในภาพน้อย ขอบของวัตถุในภาพมีความเด่นต่างจากส่วนอื่นของภาพอย่างชัดเจน ทำให้การสกัดเส้นขอบทำได้ดี รวมไปถึงขนาดหรือความยาวของเส้นขอบที่ปรากฏในภาพนั้นมีความยาวมากกว่าในกรณีของพื้นที่ศึกษาที่ 2 จึงทำให้ค่าที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนั้นแล้ว ในกรณีของพื้นที่ศึกษาที่ 2 นั้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้ต้นเสาทางขวาของภาพซึ่งปรากฏกรอบหน้าต่างและรั้วอยู่ในบริเวณใกล้เคียงวัตถุต่าง ๆ เหล่านี้มีเส้นขอบแนวตั้งจึงอาจจะทำให้เส้นตรงที่สกัดได้จากการแปลงฮัฟนั้นมีเส้นตรงที่ไม่เกี่ยวข้องรวมเข้ามา ทำให้การประมาณค่าความยาวของแนวเส้นตรงสุดท้ายที่ต้องการคลาดเคลื่อนไปจากที่ควรจะเป็น ส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีค่าสูงกว่ากรณีแรกเป็นอย่างมาก

สรุปผล

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อประมาณค่าระดับความสูงของน้ำท่วมจากภาพถ่ายดิจิทัล โดยนำภาพถ่ายของพื้นที่ศึกษาที่ปรากฏเส้นตรงแนวตั้งในภาพชัดเจนมาแปลงให้เป็นภาพเอ็ดจ์เทร ลดสัญญาณรบกวน ตรวจสอบเส้นขอบ แล้วจึงสกัดเส้นตรงแนวตั้งด้วยการแปลงฮัฟ จากนั้นจึงคำนวณความสูงของระดับน้ำจากความยาวของเส้นตรงที่สกัดได้เสร็จแล้วจึงวัดความสูงจริงมาเปรียบเทียบ ผลการทดลองพบว่าพื้นที่ศึกษาที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.08 เมตรหรือคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 7.44 และพื้นที่ศึกษาที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.20 เมตร หรือคิดค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับร้อยละ 55.56 โดยความคลาดเคลื่อนในพื้นที่ศึกษา 2 มีความคลาดเคลื่อนสูงมากกว่าความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ศึกษา 1 เนื่องจากมีลักษณะของเส้นขอบของวัตถุต่าง ๆ ในภาพ เช่น รั้ว เสาไฟ และเสาบ้าน ปรากฏในภาพไม่เหมือนกัน จึงทำให้ความยาวของเส้นตรงที่สกัดได้คลาดเคลื่อนไปมาก นอกจากนั้นการศึกษารั้งนี้เป็นการศึกษาขั้นต้น ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น จำนวนของพื้นที่ศึกษาการทดลองประสิทธิภาพของเทคนิคที่เสนอกับสถานการณ์น้ำท่วมจริง เป็นต้น ซึ่งลักษณะของน้ำที่ปรากฏในภาพถ่าย สภาพแวดล้อม แสงและเงาต่าง ๆ ในสถานการณ์จริงอาจมีความหลากหลายได้มากกว่าที่ปรากฏในการทดลองนี้ ดังนั้นข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป คือ การสกัดเส้นขอบในภาพและการลดสัญญาณรบกวนในภาพด้วยเทคนิคแบบอื่น รวมถึงการเพิ่มเงื่อนไขในการตรวจสอบตำแหน่ง ความเอียง และขนาดของเส้นตรงที่สกัดได้จากการแปลงฮัฟอาจจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจวัดระดับน้ำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

- 1 ฐานเศรษฐกิจดิจิทัล. น้ำท่วมใหญ่จันทบุรี 2565 ปก.ยงธงเหลือง [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 5 พฤศจิกายน 2565]. จาก <https://www.thansettakij.com/general-news/539717>.
- 2 ดวงฉวี ทองคำ, ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิช และคณะ. “การศึกษาการปรับตัวของประชาชนในจังหวัดจันทบุรีทั้งก่อนและหลังเกิดอุทกภัย. วารสารวิจัยรำไพพรรณี ปีที่ 12 ฉบับที่ 12 (เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2561). หน้า 177-188
- 3 สุเทพ จันทร์เขียว นิพนธ์ ตั้งธรรม และ ธาดา สุขะปทุมพันธ์. การพัฒนาระบบเตือนภัยล่วงหน้าน้ำท่วม – ดินถล่ม [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 5 พฤศจิกายน 2565]. จาก http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/50/technology/05_techno/5-tech.htm.

- 4 ปฏิพัทธ์ ศรีแสง ศุภกร กตาทิการกุล และมารีนา มะหนิ. เครื่องวัดระดับน้ำเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลผ่านเซนเซอร์ไร้สาย. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 17 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษ. หน้า 52-59.
- 5 วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี. การประมวลผลภาพดิจิทัล. [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565]. จาก วิกีพีเดีย (Wikipedia)
- 6 Zhang, Z., Zhou, Y., Liu, H., Zhang, L., and Wang, H. (2019). Visual Measurement of Water Level under Complex Illumination Conditions. *sensors*, 19 (4141), pp.1-22.
- 7 Gonzalez, R., and Woods, R. (2008). *Digital Image Processing*. Prentice Hall.
- 8 Canny, J. (1986). A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), pp.679-698.
- 9 OpenCV. (2023). Canny Edge Detection. [online]. [Retrieved 11 September 2023]. https://docs.opencv.org/4.3.0/da/d22/tutorial_py_canny.html.
- 10 _____. (2023). Hough Line Transform. [online]. [Retrieved 11 September 2023]. https://docs.opencv.org/4.3.0/d9/db0/tutorial_hough_lines.html.
- 11 _____. (2023). OpenCV. [online]. [Retrieved 11 September 2023]. <https://opencv.org/>
- 12 Adobe. (2023). Photoshop. [online]. [Retrieved 11 September 2023]. <https://www.adobe.com/products/photoshop.html>.

บทความวิจัย (Research Article)

การคัดเลือกไรโซแบคทีเรียทนแล้งที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากดินสวนผลไม้
ในจังหวัดจันทบุรี

Screening of Exopolysaccharide-Producing Drought Tolerant Rhizobacteria
from Orchard Soils in Chanthaburi Province

จิรภัทร จันทมาลี^{1*} และ วิญญู ภักดี¹

Jirapat Chanthamalee^{1*} and Winyou Puckdee¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

¹Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

*Corresponding author email: jirapat.c@rbru.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)

22 กันยายน 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

19 ตุลาคม 2566

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

20 ตุลาคม 2566

บทคัดย่อ

การผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ของไรโซแบคทีเรียมีผลอย่างมากต่อการเจริญและการทนแล้งของพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประเมินความสามารถในการสร้างคะตะเลส ออกซิเดส และคัดเลือกไรโซแบคทีเรียทนแล้งที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ (Exopolysaccharide, EPS) ซึ่งคัดแยกมาจากการวิจัยก่อนหน้านี้จากพื้นที่แห้งแล้งของสวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี ผลการทดสอบพบว่าทั้ง 19 ไอโซเลทสามารถผลิตคะตะเลสได้ โดยมี 8 ไอโซเลทที่ให้ผลบวกต่อปฏิกิริยาออกซิเดส ยิ่งกว่านั้นทุกไอโซเลทสามารถสร้างเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ จากการทดสอบด้วยวิธี Modified alcian blue dye เมื่อทดสอบโดยการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Mineral salt ที่เติม PEG 60000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เพื่อจำลองสภาวะเครียตน้ำ โดยมีเปอร์เซ็นต์การผลิต EPS ในช่วง 6.76-45.02% ซึ่งคัดเลือกได้ไอโซเลท MuD01-2 เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อน มีลักษณะโคโลนีเป็นเมือกเยิ้ม ที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ปริมาณสูงสุด ($45.02 \pm 1.15\%$) ทั้งนี้ไอโซเลทดังกล่าวสามารถทนต่อภาวะเครียตน้ำได้สูง โดยมีปริมาณเซลล์ $9.47 \pm 0.30 \log \text{CFU/ml}$ จากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 วัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว TSB ที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ซึ่งผลที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดควบคุมที่ไม่เติม PEG 6000 ($9.23 \pm 0.15 \log \text{CFU/ml}$) จากข้อมูลที่ได้ในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อ MuD01-2 มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้งเพื่อการประยุกต์ใช้ในพื้นที่สวนผลไม้ต่อไป

คำสำคัญ: ไรโซแบคทีเรียทนแล้ง, เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์, ดินสวนผลไม้

Abstract

Exopolysaccharide production of rhizobacteria strongly affects plant growth and drought tolerance. This work aims at evaluating the ability of bacteria previously isolated from the dry region of orchard soils in Chanthaburi province to produce catalase, oxidase and screening exopolysaccharide producing drought tolerant rhizobacteria. The findings revealed all 19 isolates were capable of producing catalase, while 8

isolates showed ability to generate oxidase. Furthermore, all 19 isolates exhibited exopolysaccharide production when cultured in a mineral salt medium (MS) supplemented with 15% w/v PEG 6000 to simulate drought stress. The results were confirmed using the modified alcian blue dye test, with percentages ranging from 6.76 to 45.02. Isolate MuD01-2, a gram-positive bacillus with a mucoid colony, was selected due to the highest EPS production ($45.02 \pm 1.15\%$). Additionally, isolate MuD01-2 presented high tolerance to water stress with a cell number of $9.47 \pm 0.30 \log \text{ CFU/ml}$ after 6 days culturing in Tryptic Soy Broth (TSB) supplemented with 15% (w/v) PEG 6000. The results of water stress tests were not significantly different from those of the control without PEG 6000 ($9.23 \pm 0.15 \log \text{ CFU/ml}$, $p < 0.05$). MUD01-2 showed high potential to be developed as a drought bioinoculant for application in orchard soils.

Keywords: Drought-tolerant rhizobacteria; Exopolysaccharide; Orchard soils

บทนำ

ภัยแล้งเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นทั่วโลก โดยมีสาเหตุหลักมาจากการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูกที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีผลกระทบโดยตรงต่อการเกษตร ทำให้พื้นที่ขาดความชุ่มชื้น พืชขาดน้ำและชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำและมีปริมาณลดลง [1] มีรายงานว่า 45% ของพื้นที่เกษตรกรรมทั่วโลกกำลังประสบปัญหาภัยแล้งอย่างต่อเนื่อง [2] รวมถึงประเทศไทยที่เป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งจังหวัดจันทบุรีเป็นแหล่งเพาะปลูกไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทุเรียนซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในประเทศ ในปี พ.ศ. 2566 มีพื้นที่ปลูกรวมกว่า 4 แสนไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตได้ประมาณกว่า 3 แสนไร่ โดยมีปริมาณผลผลิตมากกว่า 500,000 ตัน สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่และประเทศชาติจำนวนหลายแสนล้านบาท ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาพื้นที่เพาะปลูกทุเรียนในจังหวัดจันทบุรีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี พบว่า ในปี 2565 มีพื้นที่เพาะปลูก 413,046 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2564 ประมาณ 10% [3] อย่างไรก็ตามทุเรียนเป็นพืชที่ต้องใช้น้ำปริมาณมากในการเพาะปลูก โดยมีความต้องการน้ำต่อปีประมาณ 1,400 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ [4] หากได้รับน้ำในปริมาณที่ไม่เพียงพอจะทำให้หยุดชะงักการเจริญเติบโต ทุเรียนที่ขาดน้ำในช่วงผลมีอายุ 8-12 สัปดาห์ หลังดอกบานจะมีรูปทรงของผลบิดเบี้ยว การขึ้นพูไม่สมบูรณ์ ผลมีขนาดเล็ก [5] การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี ส่งผลให้ความต้องการน้ำในภาคการเกษตรเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับปริมาณฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในจังหวัดจันทบุรีทวีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การปลูกทุเรียนในหลายด้าน ได้แก่ ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตลดลง

การเติมสายพันธุ์ไรโซแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืช (plant growth-promoting rhizobacteria; PGPR) ร่วมกับการปลูกพืชถือเป็นวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาและส่งเสริมขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อจัดการกับปัญหาขาดแคลนน้ำในภาคเกษตรกรรมที่สอดคล้องกับแนวทางการขับเคลื่อนภาคการเกษตรด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG และเป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดย PGPR เป็นกลุ่มแบคทีเรียมีประโยชน์ต่อพืชที่สามารถส่งเสริมการทนแล้งของพืชผ่านกลไกต่าง ๆ ที่ทำให้ PGPR ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาวะแห้งแล้ง ได้แก่ การผลิตฮอร์โมน ออสโมไลต์ (osmolytes) เอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant enzyme) รวมถึงเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ มีรายงานว่า การลงเชื้อแบคทีเรียที่ผลิต EPS ช่วยบรรเทาภาวะเครียดน้ำ (water stress) ในพืชได้ [6] ดังนั้นการคัดเลือกไรโซแบคทีเรียทนแล้งที่ผลิต EPS จากดินสวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่านำไปใช้แก้ไขปัญหาด้านการขาดแคลนน้ำในการปลูกไม้ผลเศรษฐกิจได้ในอนาคต โดยการเติมสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพร่วมกับการปลูกไม้ผลโดยเฉพาะอย่างยิ่งทุเรียน โดยต้องเป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในระดับห้องปฏิบัติการ การทดสอบในระดับโรงเรือนและแปลงปลูก สอดคล้องกับข้อมูลในปัจจุบันที่มีการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์

สำหรับการทำเกษตรแบบยั่งยืนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการนำแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์มาใช้เป็นสารกระตุ้นทางชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญของพืช (biostimulants) และปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizers) [7] โดยมีรายงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับไรโซแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์จากพืชอายุสั้นชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพด และมีการประเมินศักยภาพของไรโซแบคทีเรียดังกล่าวในการชักนำความทนทานต่อความแห้งแล้งในพืช [8], [9], [10] โดยเอนไซม์ที่ผลิตจากไรโซแบคทีเรียเหล่านี้มีบทบาทในการเพิ่มการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชภายใต้สภาวะเครียดจากความแห้งแล้ง และสามารถเพิ่มสัณฐานวิทยาของราก การเจริญเติบโตของต้นกล้า รวมถึงการดูดซึมสารอาหารในข้าวสาลีได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการซึมผ่านของน้ำ ความเสถียรของดิน และปริมาณชีวมวลของพืช ในขณะเดียวกันก็รักษากิจกรรมการเผาผลาญและสรีรวิทยาของพืชไว้ได้ในช่วงที่มีความเครียดจากความแห้งแล้งด้วย แบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียยังสามารถบรรเทาความเครียดของพืชจากปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ และความชื้นของโลหะหนักได้อีกด้วย สอดคล้องกับ Das และคณะ [11] ที่คัดเลือกแบคทีเรีย 6 ไอโซเลท ที่ทนต่อสภาวะเครียดน้ำที่ระดับ -0.73 MPa ได้สูงสุด โดยสามารถผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียได้ตั้งแต่ 3.4- 5.5 กรัม/ลิตร นอกจากนี้ Latif และคณะ รายงานในปี 2022 เกี่ยวกับการคัดเลือกไรโซแบคทีเรียจำนวน 30 สายพันธุ์จากบริเวณไรโซสเฟียร์ของข้าวสาลี ในจำนวนนี้มี 10 ไอโซเลท ที่สามารถผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียและกรดอินทรีย์-3-อะซีติกที่สามารถเพิ่มการเจริญของข้าวสาลีในสภาวะขาดน้ำได้ [12]

โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียจะสามารถผลิตเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) คอะเตเลส (catalase) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ทั้งนี้ Rajput และคณะ รายงานในปี 2021 ว่าเอนไซม์คอะเตเลสและออกซิเดสถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบการต้านอนุมูลอิสระในระดับเซลล์ การประเมินคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของไรโซแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียที่คัดเลือกจากดินสวนผลไม้ ซึ่งการศึกษาแบคทีเรียประจำถิ่นที่คัดเลือกจากดินสวนในพื้นที่แห้งแล้งของจังหวัดจันทบุรีเป็นประเด็นที่น่าสนใจ และเป็นความสอดคล้องทางภูมิศาสตร์เนื่องจากจังหวัดจันทบุรีเป็นแหล่งผลิตผลไม้ที่สำคัญ การคัดเลือกไรโซแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียจากดินสวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำในการปลูกทุเรียนและไม้ผลเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ซึ่งอาจช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจในจังหวัดจันทบุรีได้ในอนาคต

ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับแบคทีเรียที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทนแล้งและปริมาณผลผลิตของพืชในประเทศไทย มักจะมุ่งเน้นไปที่ข้าวและพืชไร่เศรษฐกิจ โดยยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับไรโซแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียที่คัดเลือกจากดินสวนผลไม้ ซึ่งการศึกษาแบคทีเรียประจำถิ่นที่คัดเลือกจากดินสวนในพื้นที่แห้งแล้งของจังหวัดจันทบุรีเป็นประเด็นที่น่าสนใจ และเป็นความสอดคล้องทางภูมิศาสตร์เนื่องจากจังหวัดจันทบุรีเป็นแหล่งผลิตผลไม้ที่สำคัญ การคัดเลือกไรโซแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียจากดินสวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำในการปลูกทุเรียนและไม้ผลเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ซึ่งอาจช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจในจังหวัดจันทบุรีได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินคุณสมบัติการสร้างคอะเตเลส ออกซิเดส และคัดเลือกไรโซแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์จากไรโซแบคทีเรียที่คัดเลือกจากดินสวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

แหล่งที่มาของไรโซแบคทีเรียทนแล้งที่ใช้ในงานวิจัย

ไรโซแบคทีเรียทนแล้งจำนวน 19 ไอโซเลท ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มาจากงานวิจัยของจิรภัทร จันทมาลี และอัจฉรา เจริญรูป [14] ประกอบด้วย KaD01-2, KaD02-1, KiD01-2, KiD02-6, KhD02-1, ThD01-4, ThD02-2, NaD01-2, NaD02-1, PoD01-2, PoD02-4, MaD01-7, MaD02-7, MuD01-2, MuD02-5, SoD01-1, SoD02-3, LaD01-2 และ LaD02-2 ซึ่งถูกคัดแยกมาจากดินบริเวณรากพืชของต้นไม้ผลในพื้นที่แห้งแล้งของสวนจังหวัดจันทบุรี โดยเติมดิน 10 กรัมในฟลาस्कที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Tryptic Soya Broth (TSB) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เพื่อจำลองสภาวะเครียดน้ำ นำไปบ่มบนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบ/นาที อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำแต่ละตัวอย่างมาเจือจางด้วยวิธี serial dilution จนถึงระดับความเจือจาง 10^{-8} และเกลี่ยลงบนอาหาร Tryptic Soy Agar (TSA) โดยใช้เทคนิค spread plate นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เลือกโคโลนีเดี่ยวที่มีลักษณะต่างกันไป ชีดลาก (streak) ลงบนอาหาร TSA ซ้ำอีกครั้ง ซึ่งคัดแยกได้เชื้อบริสุทธิ์ จำนวน 85 ไอโซเลท จากนั้นทำการคัดเลือกได้ไรโซแบคทีเรียทนแล้งทั้ง 19 ไอโซเลทที่มีค่า $OD_{600} > 0.2$ จากความสามารถในการเจริญในสภาวะจำลองเครียดน้ำ โดยเลี้ยงเชื้อในอาหารอาหารเหลว TSB ที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร บ่มบนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์การเจริญของแบคทีเรียแต่ละไอโซเลท โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

การทดสอบปฏิกิริยาคะตะเลส

ทำการทดสอบปฏิกิริยาคะตะเลส โดยใช้ห้วงเชื้ออายุ 24 ชั่วโมง ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว TSB บ่มที่อุณหภูมิห้องลงบนแผ่นสไลด์ที่สะอาด แล้วหยด H_2O_2 ความเข้มข้น 3% ลงบนเชื้อ 1 หยด ผสมให้เข้ากัน สังเกตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายใน 5-10 วินาที ผลบวกมีฟองแก๊สเกิดขึ้น ผลลบไม่มีฟอง [15]

การทดสอบปฏิกิริยาออกซิเดส

ทำการทดสอบปฏิกิริยาออกซิเดส โดยใช้ไม้จิ้มฟันปลอดเชื้อเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของเชื้อทดสอบที่มีอายุไม่เกิน 24 ชั่วโมง ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง TSA บ่มที่อุณหภูมิห้อง ลงบนแผ่นกระดาษกรองที่อิมมูด้วย Kovac's oxidase reagent ซึ่งเตรียมใหม่ สังเกตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายใน 1 วินาที โดยผลบวกมีสีม่วงเข้ม ผลลบไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง [16]

การทดสอบการผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์

ทำการทดลองตามวิธีที่รายงานโดย Obuekwe และ Al-Muttawa [17] เตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียทั้ง 19 ไอโซเลท โดยเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว TSB บ่มเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปรับความขุ่นให้มีค่า final $OD_{600} = 4.0$ จากนั้นเติมหัวเชื้อแบคทีเรียแต่ละไอโซเลท ลงในหลอดแก้วบรรจุอาหาร Mineral salt medium (MS) (สูตรกรัม/ลิตร: K_2HPO_4 0.5, Na_2SO_4 2, NH_4Cl 1, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0.093, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.02) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เพื่อสร้างสภาวะจำลองเครียดน้ำ และทรายทะเล 2 กรัม ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำต่อแบคทีเรียแต่ละไอโซเลท บ่มเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน ทดสอบประสิทธิภาพการสร้าง EPS โดยการเติมสีย้อมเมธิลีนบลู ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงไปในหลอดทดสอบ ผสมให้เข้ากัน ตกตะกอนเซลล์โดยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซ็นต์การสร้าง EPS จากสูตร $[(OD_{\text{ชุดควบคุม}} - OD_{\text{ชุดทดลอง}}) / OD_{\text{ชุดควบคุม}}] \times 100$

การเจริญของไรโซแบคทีเรียไอโซเลทที่คัดเลือกในอาหารที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้นต่างกัน

นำไรโซแบคทีเรียไอโซเลทที่คัดเลือก มาเลี้ยงในอาหารเหลว TSB ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้นต่างกัน (0, 15, 30 และ 40% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร) เขย่าให้อากาศที่ความเร็ว 150 รอบ/นาที บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน โดยมีชุดควบคุมที่ไม่เติม PEG 6000 สำหรับใช้เปรียบเทียบการเจริญของเชื้อในสภาวะปกติ วิเคราะห์การเจริญของแบคทีเรีย โดยการนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตด้วยเทคนิค pour plate ทุกชุดทดลองทำ 3 ซ้ำ

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไรโซแบคทีเรียไอโซเลทที่คัดเลือก

นำไรโซแบคทีเรียไอโซเลทที่คัดเลือกมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยการเพาะเชื้อบนอาหารแข็ง TSA บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า โดยดูลักษณะการติดสีแกรม รูปร่าง ขนาดและการเรียงตัวของเซลล์

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ทั้ง 19 ไอโซเลทและปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตของไอโซเลทที่คัดเลือก โดยวิธี One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองด้วยวิธีของ Tukey's HSD Multiple Comparison test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics version 26.0 (Armonk, NY: IBM Corp; 2019)

ผลการวิจัย

การทดสอบปฏิกิริยาอะคะเตเลสและออกซิเดส

จากการทดสอบปฏิกิริยาอะคะเตเลสและออกซิเดสของไรโซแบคทีเรียทั้ง 19 ไอโซเลท พบว่าทุกไอโซเลทให้ผลบวกในการทดสอบ โดยมีจำนวน 8 ไอโซเลทที่เกิดปฏิกิริยารวดเร็ว (+++) ได้แก่ KhD01-2, ThD01-4, NaD01-2, LaD02-2, MaD02-7, MuD01-2, MuD02-5 และ LaD01-2 ผลการทดสอบปฏิกิริยาออกซิเดส พบว่ามี 8 ไอโซเลท ที่ให้ผลบวก ได้แก่ KID01-2, KhD01-2, ThD02-2, NaD02-1, LaD02-2, PoD01-2, MaD01-7 และ MaD02-7 ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ผลการทดสอบปฏิกิริยาคะตะเลสและออกซิเดสของไรโซแบคทีเรีย

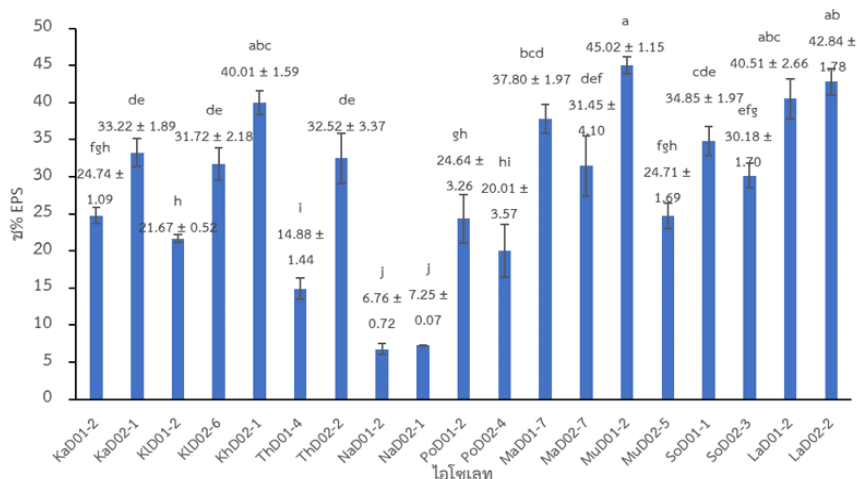
ไอโซเลท	ผลการทดสอบ		ไอโซเลท	ผลการทดสอบ	
	คะตะเลส*	ออกซิเดส**		คะตะเลส*	ออกซิเดส**
KaD01-2	++	-	PoD01-2	+	+
KaD02-1	+	-	PoD02-4	++	-
KlD01-2	++	+	MaD01-7	++	+
KlD02-6	+	-	MaD02-7	+++	+
KhD01-2	+++	+	MuD01-2	+++	-
ThD01-4	+++	-	MuD02-5	+++	-
ThD02-2	++	+	SoD01-1	++	-
NaD01-2	+++	-	SoD02-3	++	-
NaD02-1	++	+	LaD01-2	+++	-
LaD02-2	+++	+			

หมายเหตุ * ปฏิกิริยาคะตะเลส : (+++) เกิดฟองแก๊สเร็วมาก, (++) เกิดฟองแก๊สเร็ว, (+) เกิดฟองแก๊สช้า, (-) ไม่เกิดฟองแก๊ส

** ปฏิกิริยาออกซิเดส : (+) เกิดปฏิกิริยา, (-) ไม่เกิดปฏิกิริยา

การทดสอบการสร้างเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์

ผลการทดสอบความสามารถในการผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ของไรโซแบคทีเรียทั้ง 19 ไอโซเลท จากการทดสอบไอโซเลทละ 3 ซ้ำ พบว่าไรโซแบคทีเรียแต่ละไอโซเลทมีความสามารถในการผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยไอโซเลท MuD01-2 สามารถผลิต EPS ได้สูงที่สุด ($45.02 \pm 1.15\%$) ไอโซเลท NaD01-2 ผลิต EPS ได้ต่ำที่สุด ($6.76 \pm 0.72\%$) ดังแสดงในภาพที่ 1 ดังนั้นจึงคัดเลือกเฉพาะแบคทีเรียไอโซเลท MuD01-2 สำหรับการทดสอบในขั้นต่อไป



ภาพที่ 1: เปอร์เซนต์การสร้างเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ของไรโซแบคทีเรียทั้ง 19 ไอโซเลท เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว TSB

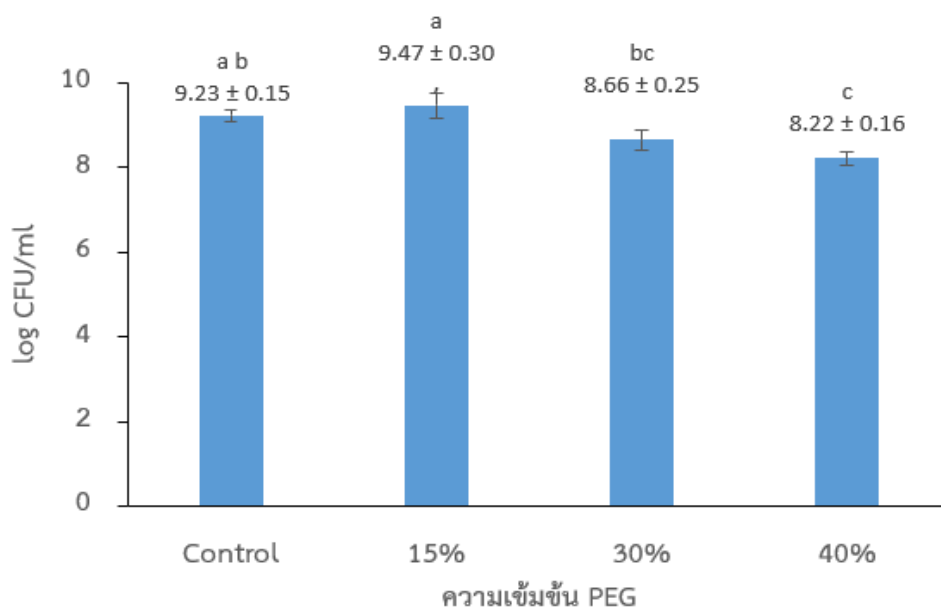
ในสภาวะจำลองเครื่องน้ำที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร บ่มที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที

อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน ข้อมูลที่แสดงอยู่ในรูป mean ± S.D.

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey-HSD

การเจริญของไรโซแบคทีเรียไอโซเลท MuD01-2 ในอาหารที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้นต่างกัน

ผลทดสอบการเจริญของไอโซเลท MuD01-2 สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการสร้าง EPS ได้สูงสุด ในสภาวะจำลอง เครียดน้ำแตกต่างกัน พบว่าการเจริญของเชื้อในสภาวะที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร มีปริมาณ เซลล์ $9.47 \pm 0.30 \log \text{CFU/ml}$ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดควบคุมที่ไม่เติม PEG 6000 ($9.23 \pm 0.15 \log \text{CFU/ml}$) ในทางตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ PEG 6000 พบว่าเชื้อ MuD01-2 มีการเจริญลดลง โดยมีปริมาณเซลล์ $8.66 \pm 0.25 \log \text{CFU/ml}$ และ $8.22 \pm 0.16 \log \text{CFU/ml}$ ในสภาวะที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น 30% และ 40% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับค่าการเจริญของเชื้อที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว TSB ที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และชุดควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 2



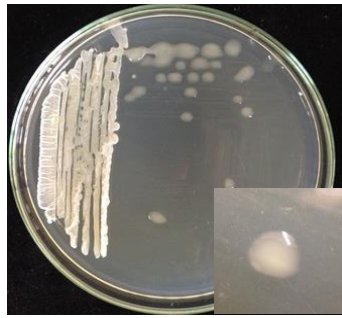
ภาพที่ 2: ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตของไอโซเลท MuD01-2 ในอาหารเหลว TSB ที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้นต่างกัน

เป็นเวลา 6 วัน บ่มเชื้ออุณหภูมิห้อง ข้อมูลที่แสดงอยู่ในรูป mean ± S.D.

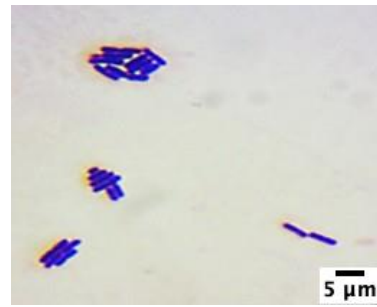
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey-HSD

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไอโซเลท MuD01-2

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไอโซเลท MuD01-2 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสร้าง EPS ได้สูงสุด โดยการเพาะเลี้ยงบนผิวหน้าอาหารแข็ง TSA บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง พบว่าโคโลนีของเชื้อมีลักษณะเป็นเมือกเยิ้ม (mucoid) รูปร่างกลม (circular) ผิวหน้าเรียบ (smooth) ขอบเรียบ (entire) โคโลนียกตัวแบบเจริญสูงขึ้นเล็กน้อยจากผิวหน้าอาหาร (raised) จัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก รูปท่อน (bacilli) ดังแสดงในภาพที่ 3



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3: ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนี เพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง TSA อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ก) และเซลล์ของไอโซเลท MuD01-2 ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า จากการย้อมสีแกรม (ข)

อภิปรายผลการวิจัย

จากการประเมินคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและการผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ของไรโซแบคทีเรียที่คัดแยกมาจากดินรอบรากพืชในพื้นที่แหล่งเลี้ยงของสวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี พบว่าทั้ง 19 ไอโซเลทสามารถสร้างเอนไซม์อะมิลเลสได้ในจำนวนนี้มี 8 ไอโซเลทที่ให้ผลบวกต่อการทดสอบออกซิเดส สอดคล้องกับ Hussain และคณะ [18] ซึ่งพบว่าไรโซแบคทีเรียทั้ง 35 ไอโซเลท ที่คัดแยกจากพืชตระกูลถั่วสามารถสร้างอะมิลเลสได้และมีลักษณะโคโลนีเป็นเมือกเยิ้มซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของเชื้อที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่ง Ashry และคณะ, 2022 [7] สรุปว่าไรโซแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการสร้างอะมิลเลสและออกซิเดสจะช่วยให้การเจริญเติบโตของพืชที่ขาดน้ำ มีผลเพิ่มการเจริญและการอยู่รอดของพืชในภาวะแห้งแล้ง เนื่องจากในภาวะขาดน้ำพืชมักเกิดความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) เนื่องจากปริมาณ ROS ที่ถูกสร้างมากขึ้นจึงเกิดความไม่สมดุลกับระบบต้านอนุมูลอิสระของพืช ทำให้ ROS ไปทำลายเซลล์โดยการทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ เอนไซม์อะมิลเลสที่สร้างจากไรโซแบคทีเรียจะไปย่อยสลาย H_2O_2 ให้กลายเป็นน้ำและออกซิเจน จึงเป็นการลดปริมาณ ROS ในเซลล์พืช โดยออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการขนส่งอิเล็กตรอนจากสารตั้งต้นไปยังโมเลกุลออกซิเจน และมีส่วนเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมและการกำจัดสารที่อาจเป็นอันตรายต่อเซลล์

ผลทดสอบการสร้างเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ของไรโซแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงในสภาวะจำลองเครียดน้ำด้วยการเติม PEG 6000 ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร หรือมีค่าศักย์ออสโมซิส (osmotic potential) -0.70 MPa พบว่าทั้ง 19 ไอโซเลทสามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในช่วง 6-45% จากการทดสอบด้วยวิธี Modified-alcian blue สอดคล้องกับรายงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าแบคทีเรียทนแล้งที่อยู่ในภาวะเครียดน้ำสามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ [18] ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญต่อการทนแล้งของไรโซแบคทีเรีย โดยเชื้อที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์มีการสร้างไบโอฟิล์มกับรากพืช ทำให้ป้องกันเซลล์จากภาวะแห้งแล้งและทำให้ได้รับสารอาหารและน้ำอย่างเพียงพอ ในขณะเดียวกันพืชได้รับประโยชน์ทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ในภาวะขาดน้ำเนื่องจากไบโอฟิล์มช่วยเพิ่มการเก็บกักน้ำบริเวณรอบรากและดิน ช่วยในการเก็บรักษาความชื้นในรากและดินรอบ สามารถช่วยเพิ่มปริมาณน้ำให้กับพืชและลดการสูญเสียน้ำผ่านการระเหย [19] แบคทีเรียที่สร้าง EPS บางสายพันธุ์ถูกพบว่ามีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ที่สามารถกำจัด ROS และปกป้องเซลล์พืชจากความเครียดทางออกซิเดชัน และส่งผลต่อการควบคุมฮอร์โมนและส่งสัญญาณเครียดของพืช กิจกรรมของแบคทีเรียเหล่านี้ในโซนรากพืชสามารถเพิ่มความสามารถในการทนทานต่อสภาวะขาดน้ำและรักษาการผลิตของพืชได้ [6] ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้พบว่าไอโซเลท MuD01-2 สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้สูงที่สุด ($45.02 \pm 1.15\%$) และมีการสร้างอะมิลเลสปริมาณมาก โดยสามารถทนแล้งได้สูงจากการทดสอบพบปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตสูงถึง $8.22 \pm 0.16 \log \text{ CFU/ml}$ ในภาวะเครียดน้ำที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้น

40% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร (-2.49 MPa) โดยเชื้อนี้เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อน ที่มีลักษณะโคโลนีเป็นเมือกเยิ้มจากการสร้างพอลิเมอร์ชีวภาพและหลั่งออกนอกเซลล์ สอดคล้องกับรายงานของ Bogati and Walczak ในปี 2022 [20] ที่ว่าแบคทีเรียแกรมบวกมีโครงสร้างของผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยชั้นหนาของเพปติโดไกลแคน จึงทำให้ทนต่อภาวะแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ทำให้ในภาวะขาดน้ำจะพบกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวกบริเวณรอบรากพืชได้สูงกว่า โดยเฉพาะจีนัสบาซิลลัสที่สร้างเอนโดสปอร์ สอดคล้องกับรายงานของ จิรภัทร และ อัจฉรา [14] ที่พบว่าไรโซแบคทีเรียทนแล้งจำนวน 19 ไอโซเลท ที่คัดแยกจากพื้นที่แห้งแล้งของดินสวนผลไม้ ประกอบด้วยแบคทีเรียแกรมบวกจำนวน 12 ไอโซเลท แบคทีเรียแกรมลบ 9 ไอโซเลท นอกจากนี้ Ashry et al., 2022 [7] รายงานว่ามีแบคทีเรียทนแล้ง 2 ไอโซเลท จาก 20 ไอโซเลท ที่คัดแยกจากพื้นที่แห้งแล้ง ได้แก่ *Bacillus cereus* DS4 และ *Bacillus albus* DS9 ที่สามารถผลิต EPS ได้ปริมาณสูง ในสภาวะจำลองเครียดน้ำที่เติม PEG (-1.2 MPa) โดยเชื้อ DS4 สามารถผลิต EPS ได้ 3.4 มิลลิกรัม/ลิตร) ซึ่งเชื้อทั้งสองสายพันธุ์นี้สามารถสร้างคะตะเลสได้และมีสมบัติอื่น ๆ ที่ส่งเสริมการเจริญของพืช [7] นอกจากนี้ Ilyas et al., 2022 [6] รายงานการคัดเลือกแบคทีเรียผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ปริมาณสูงจำนวน 2 สายพันธุ์ จากทั้งหมด 24 สายพันธุ์ ที่ช่วยบรรเทาภาวะเครียดน้ำให้กับข้าวสาลี ซึ่งเชื้อที่คัดเลือกจากงานวิจัยเหล่านี้สามารถสร้างคะตะเลสได้และมีสมบัติอื่น ๆ ที่ส่งเสริมการเจริญของพืช

สรุปผล

งานวิจัยนี้สามารถคัดเลือกได้ไรโซแบคทีเรียทนแล้งไอโซเลท MuD01-2 ที่สามารถผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ได้ปริมาณสูงที่สุดจากทั้งหมด 19 ไอโซเลท จากพื้นที่แห้งแล้งในสวนผลไม้จังหวัดจันทบุรี โดยสามารถสร้างคะตะเลสและทนแล้งได้สูงจากการทดสอบในสภาวะจำลองเครียดน้ำ ประกอบกับข้อดีที่พบว่าเชื้อนี้จัดอยู่ในกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวกจึงง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในพื้นที่เกษตรกรรม โดยแบคทีเรียมีการสร้างเอนโดสปอร์จึงสามารถทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมในพื้นที่เกษตรกรรมและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับเชื้อประจำถิ่นได้ดี จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ช่วยยืนยันสมบัติในการทนแล้งของไอโซเลทดังกล่าว ได้แก่ การสร้างกรดอินโดล-3-อะซีติก และเอนไซม์เอซีซี ดีอะมิเนส (ACC deaminase) รวมถึงคุณสมบัติอื่น ๆ ในการส่งเสริมการเจริญของพืช เพื่อช่วยในการประเมินศักยภาพของเชื้อ MuD01-2 ในการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์การเกษตรสำหรับใช้ในพื้นที่สวนผลไม้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนสารเคมี อาหารเลี้ยงเชื้อและวัสดุอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัยจาก ทุนอุดหนุนการวิจัย กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- 1 ฉวี สิงโต. ภัยแล้งทางการเกษตรของไทย [Internet]. 2566 [เผยแพร่ 2564; 16 กรกฎาคม 2566]. แหล่งข้อมูล: https://webapp.ldd.go.th/lpd/node_modules/Article_Lpd.
- 2 Admassie M, Woldehawariat Y, Alemu T, Gonzalez E, Jimenez JF. The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating drought stress on pepper plants. Agric. Water Manag. 2022; 272: 107831. doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107831.
- 3 ผู้จัดการออนไลน์. จันทบุรีฉลองยอดส่งออกทุเรียนทะลุ 500,000 ตัน สร้างรายได้เข้าไทยหลายแสนล้านบาท [Internet]. 2566 [เผยแพร่ 18 มิถุนายน 2566; 14 กรกฎาคม 2566]. แหล่งข้อมูล: <https://mgronline.com/local/detail/9660000055415>.

- 4 กรมส่งเสริมการเกษตร. เทคนิคการปลูกและดูแลรักษาทุเรียน [Internet]. 2566 [10 ตุลาคม 2566]. แหล่งข้อมูล: <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2021/06/Durian.pdf>.
- 5 ทวีศักดิ์ แสงอุดม และ ลาวัณย์ จันทร์อัมพร. การจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับไม้ผล [Internet]. 2566[เผยแพร่ 2564; 14 กรกฎาคม 2566]. แหล่งข้อมูล: <http://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2021/>.
- 6 Ilyas N, Mumtaz K, Akhtar N, Yasmin H, Sayyed RZ, Khan W, et al. Exopolysaccharides producing bacteria for the amelioration of drought stress in wheat. *Sustainability*. 2020; 12(21): 8876. doi.org/10.3390/su12218876.
- 7 Ashry NM, Alaidaroos BA, Mohamed SA, Bodr OAM, El-Saadony MT, Esmael A. Utilization of drought-tolerant bacterial strains isolated from harsh soils as a plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Saudi J. Biol. Sci.* 2022; 29(3): 1760–69.
- 8 Naseem H, Ahsan M. Shahid M, Khan N. Exopolysaccharides producing rhizobacteria and their role in plant growth and drought tolerance. *J Basic Microbiol.* 2018; 58(12): 1009-22.
- 9 Bhagat N, Raghav M, Dubey S, Bedi N. Bacterial exopolysaccharides: insight into their role in plant abiotic stress tolerance. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2021; 31(8): 1045-59.
- 10 Morcillo RJL, Manzanera M. The effects of plant-associated bacterial exopolysaccharides on plant abiotic stress tolerance. *Metabolites*. 2021; 11, 337. doi.org/10.3390/metabo11060337.
- 11 Das M, Nayak SK, Bhattacharyya P. Screening and optimization of exopolysaccharide producing bacteria from rhizospheric region of direct seeded rice. *Int. J. Chem. Stud.* 2020; 8(1): 292-7.
- 12 Latif M, Bukhari SAZ, Alotaibi FE, Ahmad M, Shahzad AN, Dewidar AZ, et al. Inducing drought tolerance in wheat through exopolysaccharide-producing rhizobacteria. *Agronomy*. 2022; 12(5): 1140. doi.org/10.3390/agronomy12051140.
- 13 Rajput VD, Harish, Singh RK, Verma KK, Sharma L, Quiroz-Figueroa FR, et al. Recent developments in enzymatic antioxidant defence mechanism in plants with special reference to abiotic stress. *Biology*. 2021; 10(4): 267. doi: 10.3390/biology10040267.
- 14 จิรภัทร จันทมาลี และอัจฉรา เจริญรูป. ความหลากหลายของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ทางการเกษตรในดินสวนผลไม้ จังหวัดจันทบุรี. 2559. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2558; สำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- 15 Anjali M. Isolation of catalase producing bacteria from soil. *IJCER*. 2022; 11: 48-53.
- 16 Al-Dhabaan FA. Morphological, biochemical and molecular identification of petroleum hydrocarbons biodegradation bacteria isolated from oil polluted soil in Dhahran, Saud Arabia. *Saudi J Biol Sci.* 2018; 26(6): 1247-52.
- 17 Obuekwe CO, Al-Muttawa M. Self-immobilized bacterial cultures with potential for application as ready-to-use seeds for petroleum bioremediation. *Biotechnol. Lett.* 2011; 23: 1025–32.
- 18 Hussain MB, Zahir ZA, Asghar HN, Asgher M. Can catalase and exopolysaccharide producing rhizobia ameliorate drought stress in wheat?. *Int J Agric Biol.* 2014; 16: 3-13.

- 19 Zheng W, Zeng S, Bais H, LaManna JM, Hussey DS, Jacobson DL, et al. Plant growth - promoting rhizobacteria (PGPR) reduce evaporation and increase soil water retention. *Water Resour. Res.* 2018; 54(5): 3673-87.
- 20 Bogati K, Walczak M. The impact of drought stress on soil microbial community, enzyme activities and plants. *Agronomy*. 2022; 12(1): 189. doi.org/10.3390/agronomy12010189.

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลศรีสงคราม
Developing guidelines for caring for patients before returning home to the
outpatient department of Srisongkram Hospital

รุenna ใจสุข^{1*}, สุริยา ไชยตันเทือก¹ และ ลลิตา ดวงสงค์¹

Runna Jaisuk, Suriya Chaitontheuk and Lalita Duangsong

¹ แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม จังหวัดนครพนม

¹ Outpatient Department, Srisongkram Hospital, Nakhon Phanom Province

*Corresponding author email: runna_nid01@hotmail.com

วันที่รับบทความ (Received)

18 กันยายน 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

29 ธันวาคม 2566

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

2 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

การพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลศรีสงครามเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์และพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้านของโรงพยาบาลศรีสงคราม กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ป่วยตั้งแต่แรกเกิดถึง 60 ปี เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แนวคำถามการสนทนากลุ่มและการสัมภาษณ์เชิงลึก อุปกรณ์บันทึกเสียง แบบวัดความรู้โรคกระเพาะอาหาร (dyspasia) โรคเก๊าท์ (gout) และไข้สูงในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี ทดสอบคุณภาพเครื่องมือด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาค คือ .70 .74 และ .80 ตามลำดับ เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 ธันวาคม 2560 -15 ธันวาคม 2562 ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยการแจกแจงความถี่และเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือแบบสามเส้า ผลการวิจัย พบว่า ผู้ป่วยขาดการประเมินความต้องการและความรู้ที่เหมาะสมรวมทั้งขาดการส่งต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาการให้ความรู้ผู้ป่วย 3 โรค คือ กระเพาะอาหาร เก๊าท์ และไข้สูงในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี ผลการประเมินระยะแรก พบว่า ผู้ป่วย 3 โรคมีค่าเฉลี่ยความรู้ 3.9 4.8 และ 4.5 ตามลำดับ จึงได้ปรับวิธีการสะท้อนข้อมูลและประเมินระยะที่สอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นเป็น 5.0 5.0 และ 4.9 ตามลำดับ ข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อให้ความรู้แก่ผู้ป่วยกลุ่มอื่น ๆ ของโรงพยาบาลศรีสงคราม และได้เผยแพร่ผลการศึกษานี้ให้แก่โรงพยาบาลชุมชนและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เพื่อเป็นแนวทางให้ความรู้แก่ผู้ป่วยกลุ่มอื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: แนวทางการให้ความรู้, ผู้ป่วยนอก, รักษาซ้ำ

Abstract

Developing guidelines for caring for patients before returning home to the outpatient department of Srisongkram Hospital is qualitative research. The objective is to study the situation and develop guidelines for caring for patients before returning home to Srisongkram Hospital. The sample group consisted of patients from birth to 60 years. The research tools were a personal data questionnaire, group discussion questions, in-depth interviews, audio recording equipment, a knowledge test for stomach dyspasia, gout, and high fever in children under 5 years of age. Test the quality of the tools with 3 qualified experts.

Cronbach's alpha coefficients were .70, .74, and .80, respectively. Data were collected from December 15, 2017 - December 15, 2019. The data were analyzed quantitatively with frequency distribution and qualitatively with content analysis and triangulated for reliability. The research found that patients lack proper assessment of needs and knowledge, including a lack of information transfer between agencies. The researcher therefore developed patient education for 3 diseases: dyspepsia, gout, and high fever in children under 5 years of age. The results of the first phase of the evaluation found that patients with 3 diseases had an average knowledge level of 3.9, 4.8, and 4.5, respectively. The researcher therefore adjusted the method for reflecting the data and evaluating the second phase, finding that the knowledge averages increased to 5.0, 5.0, and 4.9, respectively. The findings from this research can be used as a guideline to educate other patient groups at Srisongkram Hospital. The results of this study were disseminated to community hospitals and subdistrict health promotion hospitals as a guideline for educating other groups of patients.

Keywords: Guidelines for providing knowledge; Outpatient; Repeat visits

บทนำ

การดูแลผู้ป่วยในแผนกผู้ป่วยนอก เป็นการดูแลการเจ็บป่วยทั่วไป อาการไม่รุนแรง ไม่ต้องพักรักษาตัวในโรงพยาบาล ผู้ป่วยกลุ่มนี้จะได้รับการตรวจรักษา และรับยา คำแนะนำให้กลับไปดูแลตนเองที่บ้านและพบว่าปัญหาที่สำคัญการกลับมาปรึกษาซ้ำก่อนนัดหมาย เนื่องจากขาดความรู้และความเข้าใจต่อเรื่องโรคที่ป่วย ดังนั้นผู้ป่วยกลุ่มนี้จำเป็นต้องได้รับข้อมูลด้านการเจ็บป่วยวิธีการรักษาที่ได้รับ ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นจากโรคหรือการรักษาที่ได้รับ การดูแลตนเองเบื้องต้น และช่องทางในการติดต่อขอรับความช่วยเหลือจากหน่วยบริการในกรณีฉุกเฉิน จากการทบทวนพบว่า การบริการโรงพยาบาลของรัฐส่วนใหญ่ จะมีผู้ป่วยที่มารับบริการที่แผนกผู้ป่วยนอกจำนวนมาก การให้บริการแต่ละจุดเป็นไปด้วยความเร่งรีบ ผู้ป่วยได้รับการคัดกรอง ตรวจรักษา และรับยากลับบ้าน ผู้ให้บริการแต่ละจุดเร่งรีบในการปฏิบัติงาน และให้ข้อมูล ผู้ป่วยบางส่วนขาดความเข้าใจในโรคที่เจ็บป่วย ทำให้มีการดูแลการเจ็บป่วยไม่เหมาะสม ต้องกลับมาปรึกษาซ้ำ หรือเจ็บป่วยรุนแรงขึ้น

การดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน เป็นกระบวนการเตรียมผู้ป่วยหรือผู้ดูแลความรู้และทักษะในการดูแลตนเองในโรคที่เจ็บป่วย มีขั้นตอนประกอบด้วย การประเมินความต้องการในการดูแลตนเอง การให้ข้อมูลการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมกับภาวะของโรคและบริบทของผู้ป่วย การให้ข้อมูลช่องทางการติดต่อขอความช่วยเหลือ และการประเมินทวนซ้ำการรับรู้ต่อข้อมูลที่ได้รับ ซึ่งการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้านเป็นกิจกรรมที่ใช้ในผู้ป่วยในที่เรียกว่า “การวางแผนจำหน่าย (Discharge Planning)” ในคลินิกผู้ป่วยเฉพาะโรค เรียกว่า “Exit site care” โดยการใช้หลัก DE method [1] ในการให้ความรู้ก่อนกลับบ้าน ส่วนในแผนกผู้ป่วยนอกที่ตรวจโรคทั่วไปยังไม่มีกำหนดหรือขอบเขตของการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้านเพียงแต่มีความพยายามตั้งจุดบริการให้ข้อมูลแก่ผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน หรือ Exit Care [2]

โรงพยาบาลศรีสงคราม เห็นความสำคัญในการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน จึงได้จัดบริการข้อมูลก่อนกลับบ้าน (Exit Nurse) ตั้งแต่ 2559 มีผู้ป่วยที่มารับบริการในแผนกผู้ป่วยนอก ปี 2558-2560 เฉลี่ยวันละ 139.3, 147.83, 154, 25 ราย ตามลำดับ ในปี 2559 มีผู้ป่วยประเภท Urgent จำนวน 101 ราย Non Urgent 4,428 ราย มีผู้ป่วยเข้ารับบริการที่จุด Exit nurse จำนวน 3,384 ราย คิดเป็นร้อยละ 8.72 ของผู้ป่วยที่มารับบริการแผนกผู้ป่วยนอก มีผู้ป่วยนอกกลับมาได้รับการรักษาด้วยอาการเดิมภายใน 48 ชั่วโมง (Re-visit) จำนวน 523 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.29 ของผู้ป่วยแผนกผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยที่ Re-visit จำแนกตามสาเหตุการเจ็บป่วยได้แก่ Fever cause จำนวน 161 ราย โรคเก๊าท์ (gout) จำนวน 138 ราย dyspepsia จำนวน 93 ราย และในจำนวนนี้มีผู้ป่วยที่มา Re-visit ต้องพักรักษาในโรงพยาบาล จำนวน 15 ราย จากการประเมินเบื้องต้น

พบว่า สาเหตุการกลับมาปรึกษาซ้ำเกิดจากการดูแลตนเองต่อโรคหรืออาการของโรคไม่เหมาะสม เนื่องจากขาดความรู้และความเข้าใจต่อเรื่องโรคที่ป่วย และไม่ทราบช่องทางการติดต่อขอความช่วยเหลือจากหน่วยบริการ [3]

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่า กระบวนการเตรียมความรู้ให้ผู้ป่วยก่อนกลับบ้านที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยังเป็นระบบที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการการดูแลของผู้รับบริการ และบริบทของโรงพยาบาล เนื่องจากในกระบวนการมีความไม่ชัดเจนในโครงสร้าง เป้าหมาย กระบวนการให้บริการ และระบบการประเมินผลลัพธ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสถานการณ์การดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม เพื่อนำผลการศึกษามาพัฒนาเป็นแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอก ที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้รับบริการ และสอดคล้องกับบริบทของโรงพยาบาลศรีสงครามต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์การดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน ที่แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม จังหวัดนครพนม
2. เพื่อพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน ที่แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม จังหวัดนครพนม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย เชิงคุณภาพ (Qualitative research)

2. ผู้ร่วมวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ประชากร ผู้รับบริการกลุ่มผู้ป่วย ตั้งแต่เด็กแรกเกิด ถึงกลุ่มอายุ 60 ปี ขึ้นไป

2.2 ผู้ให้ข้อมูลเป็นกับผู้ป่วยบริการและญาติ เป็นพยาบาลคัดกรองที่จุดคัดกรองคัดเลือกร่วมเป้าหมาย โดยการซักถามประวัติอาการสำคัญที่มาโรงพยาบาล อาการเจ็บป่วยปัจจุบัน และประวัติการเจ็บป่วยในอดีต และประวัติอื่น ๆ ที่ส่งเสริมทำให้เกิดอาการที่นำมาโรงพยาบาล เกณฑ์การคัดเลือกในกลุ่มที่มา re-visit ภายใน 48 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง จากการปฏิบัติตัวไม่ถูกต้อง ได้แก่ กลุ่ม โรคกระเพาะ มาโรงพยาบาล ด้วยอาการปวดแสบร้อนท้อง แน่นจุกเสียดท้องเรื้อรัง โรคเก๊าท์ อาการปวดตามข้อกำเริบ และเด็กมีไข้สูงตลอด ใช้ไม่ลดลงในกลุ่มอายุเด็กอายุน้อยกว่า 5 ปี

ก) ผู้รับบริการในแผนกผู้ป่วยนอก ที่มีคุณสมบัติ เป็นผู้ป่วยหรือญาติที่พาผู้ป่วยมารับบริการ สามารถรับฟัง ถามตอบได้รู้เรื่อง และยินดีเข้าร่วมกิจกรรมของโครงการ

ข) เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการบริการในแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม ได้แก่ ห้องบัตร แพทย์พยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก พยาบาลแผนกอุบัติเหตุฉุกเฉิน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เภสัชกรและเจ้าหน้าที่ห้องจ่ายยาเวชกิจฉุกเฉิน พนักงานเวรเปล

3. การคุ้มครองกลุ่มตัวอย่างและผู้ร่วมในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ ถือว่าจรรยาบรรณของนักวิจัยเป็นสิ่งที่นักวิจัยต้องคำนึงมากที่สุด เนื่องจากนักวิจัยจะต้องเข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูล และกระทำกิจกรรมต่าง ๆ กับผู้เข้าร่วมโครงการในฐานะผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างใกล้ชิด นักวิจัยต้องการพิทักษ์สิทธิของผู้เข้าร่วมโครงการ โดยต้องเคารพสิทธิ ความเป็นส่วนตัว การปกปิดความลับของผู้เข้าร่วมโครงการ ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิของผู้เข้าร่วมโครงการทุกราย โดยการแนะนำตนเอง ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและระยะเวลาของการวิจัย พร้อมทั้งแจ้งให้ทราบถึงสิทธิในการตอบรับ และปฏิเสธการเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ ในระหว่างการวิจัยหากผู้เข้าร่วมโครงการไม่พอใจ หรือไม่ต้องการเข้าร่วมในการวิจัยต่อจนครบตามกำหนดเวลา ผู้เข้าร่วมโครงการสามารถบอกเลิกโดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล บันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะถูกจัดเก็บอย่างดีโดยมีขึ้นของการเข้าถึงข้อมูล และถือเป็นความลับ การนำเสนอข้อมูลจากการวิจัยไม่มีการเปิดเผยชื่อ นามสกุล และสถานที่ที่อยู่อาศัยของแหล่งข้อมูล

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

4.1 เครื่องมือเชิงปริมาณ ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะของผู้ร่วมวิจัย การแจกแจงความถี่ และค่าเฉลี่ย

4.2 เครื่องมือเชิงคุณภาพ

ก) แนวคำถามในการสนทนากลุ่ม และ สัมภาษณ์เชิงลึกกับแหล่งข้อมูล ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองจากการทบทวนเอกสาร และส่งให้ที่ปรึกษาให้ความเห็นเรื่องความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การศึกษา ทดสอบความเข้าใจของทีมนักวิจัย โดยการทดลองเก็บข้อมูลในผู้ป่วย แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม จำนวน 5 ราย แล้วนำมาปรับข้อความให้เหมาะสม และทดสอบคุณภาพของเครื่องมือด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาค แบบวัดความรู้เท่ากับ .70 .74 และ .80

แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ อาชีพ รายได้ ระดับการศึกษา สมาชิกในครอบครัว รายได้ครอบครัว และสมาชิกในครอบครัว แนวคำถามในการสนทนากลุ่มสนทนากลุ่ม (focus group) การสนทนากลุ่มแบบกลุ่มเดี่ยว (Single focus group)

คำถามที่ใช้ในการสอบถาม

- "ท่านรับรู้ต่อการเจ็บป่วยของท่านอย่างไร ป่วยเป็นโรคอะไร สาเหตุเกิดจากอะไร คุณหมอให้การรักษายังไง มีความคาดหวังต่อการรักษาครั้งนี้อย่างไร"

- "ความรู้หรือข้อมูลอะไรบ้าง ที่ท่านอยากได้ เพื่อใช้ในการดูแลรักษาโรคที่เจ็บป่วยของท่านหรือญาติ"

- "ท่านต้องการความช่วยเหลืออะไรบ้าง ในกรณีฉุกเฉิน หรือมีข้อสงสัยในอาการหรือการรักษาเจ็บป่วย"

- "ท่านรู้หรือไม่ ออกจากห้องตรวจโรค ต้องพบพยาบาลจุดหลังตรวจ"

- "ท่านมีความคิดอย่างไร ผู้รับบริการถึงจะมารับบริการจุดหลังตรวจเพิ่มมากขึ้น"

- "ท่านคิดว่ามีจุดหลังตรวจดีหรือไม่ ดีอย่างไร ไม่ดีอย่างไร"

แนวคำถามในการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่ไม่มีการกำหนดกฎเกณฑ์เกี่ยวกับคำถามและลำดับขั้นตอนในการสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้า สนทนากลุ่มการพูดคุยเป็นธรรมชาติ ได้แก่

- "ท่านคิดว่า ในจุดบริการก่อนกลับบ้าน ควรจะมีกิจกรรม และข้อมูลอะไรบ้าง"

- "ในฐานะที่ท่านเป็นทีมที่ดูแลผู้ป่วย ร่วมกับแผนกผู้ป่วยนอก ท่านควรมีบทบาทอย่างไรกับการเตรียมหรือให้ความรู้แก่ผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน"

- "ท่านคิดว่า จุดหลังตรวจ มีความสำคัญต่อแผนกต่าง ๆ ตัวท่านเอง และผู้ป่วยอย่างไร"

- "ท่านคิดว่ามีจุดตรวจ ดีหรือไม่ ดีอย่างไร ไม่ดีอย่างไร "

อุปกรณ์บันทึกเสียงเพื่อใช้สนทนาในการซักถาม โดยการใช้โทรศัพท์มือถือ

แบบวัดความรู้

แบบวัดความรู้โรคกระเพาะอาหาร

- "ควรรับประทานอาหารให้ครบทุกมื้อ"

- "ควรหลีกเลี่ยงสิ่งที่จะคายเคืองกระเพาะอาหารเช่น ยาชุด ยาแก้ปวด เครื่องดื่มและอาหารรสจัดทุกชนิด"

- "ความเครียด หนักออกกำลังกาย 3 ครั้ง/สัปดาห์ ลดการเกิดโรคกระเพาะอาหารได้"

- "โรคกระเพาะอาหารสามารถสูบบุหรี่ กินชา กาแฟได้ตามปกติ"

- "มีอาหารปวดแสบร้อนท้องมาก สามารถซื้อยาลดกรดกินเองได้โดยไม่พบแพทย์"

แบบวัดความรู้โรคเก๊าท์

- "โรคเก๊าท์ เกิดจากการสะสมของกรดยูริคตามข้อมากเกินไป"
- "อาหารที่ควรงดของโรคเก๊าท์ คือ เหล้าเบียร์ เครื่องในสัตว์ อาหารทะเลและสัตว์ปีก"
- "อาการของโรคเก๊าท์ มีอาการอักเสบข้อที่นิ้วหัวแม่เท้า ปวด บวมแดง"
- "การมีน้ำหนักไม่อ้วนเกินไป ทำให้การเกิดโรคเก๊าท์ ได้"
- "โรคเก๊าท์ ซ้ำยากินเองได้ โดยไม่ต้องพบแพทย์"

แบบวัดความรู้การลดไข้ในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี

- "การเช็ดตัวลดไข้เด็กอย่างน้อยใช้เวลา 15-20 นาที โดยการใช้ผ้าอุ่น"
- "วิธีการเช็ดตัวลดไข้เด็ก ให้เช็ดตามตัว ซอกแขน ขา รักแร้ และข้อพับต่าง ๆ"
- "ให้จิบน้ำบ่อย ๆ และกินยาลดไข้ตามแพทย์สั่งทุก 4 ชั่วโมง"
- "ลูกมีไข้สูงมาก หนาวสั่น ให้ห่มผ้าหรือใส่เสื้อหนาๆเพื่อลดไข้ได้"
- "เด็กที่ไข้สูงมาก ไม่เช็ดตัวลดไข้ จะทำให้ไข้ชักได้"

เหตุผลในการเลือก 3 โรคนี้ คือ

- 1) Top 5 โรคของหน่วยงาน ได้แก่ โรคกระเพาะอาหาร โรคเก๊าท์ และเด็กมีไข้อายุต่ำกว่าอายุ 5 ปี
- 2) Re –visit ภายใน 48 ชั่วโมง และ 7 วัน
- 3) อัตราการนอนโรงพยาบาลเพิ่มสูงขึ้นในกลุ่มโรคดังกล่าว

ข) แบบสังเกตกระบวนการดูแลก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอก ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองจากการทบทวนเอกสาร และส่งให้ที่ปรึกษาให้ความเห็นเรื่องความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การศึกษา ทดสอบความเข้าใจของทีมนักวิจัยโดยการทดลองเก็บข้อมูลในผู้ป่วย แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม จำนวน 2 ครั้ง แล้วนำมาปรับให้เหมาะสม

ค) เครื่องบันทึกเสียง

ง) กล้องบันทึกภาพ

5. วิธีการเก็บข้อมูล หรือ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ตามระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ

- 1) การรับรองจริยธรรมและคณะกรรมการวิจัยในคนและมีใบรับรอง เลขที่ HE 600019
- 2) ระยะเวลาทำการวิจัย 15 ธันวาคม 2560 - 15 ธันวาคม 2562
- 3) ขั้นตอนการรักษาความลับ จัดทำสัญญาการรักษาข้อมูลที่เป็นความลับ การเปิดเผยข้อที่เป็นความลับ การรักษาข้อมูลที่เป็นความลับ การชดเชยค่าเสียหายเมื่อข้อมูลถูกเปิดเผย และการส่งคืนข้อมูล
- 4) เวลาในการทำลายข้อมูลหลังเสร็จสิ้นการวิจัย วันที่ 25 ธันวาคม 2562

การเก็บข้อมูล

- 1) ช่วงเวลาในการเก็บ ข้อมูลในแต่ละเครื่องมือช่วงเช้าเวลา 08.00-11.00 น. ช่วงบ่ายเวลา 13.00-15.00 น.
- 2) เก็บข้อมูลกับผู้ป่วยที่มาใช้บริการและญาติในการให้ข้อมูลเพิ่มเติม เจ้าหน้าที่แผนกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ห้องบัตร ห้องยา Lab/ X-ray ห้องอุบัติเหตุ-ฉุกเฉิน เป็นต้น

ผู้วิจัยหลัก มีหน้าที่ ผู้เป็นหัวหน้าคณะวิจัย ที่มีบทบาทและความรับผิดชอบสำคัญในการคิดริเริ่ม ออกแบบและวางแผนการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปผลการวิจัย และการให้ข้อเสนอแนะในรายงานผลการวิจัย รวมทั้งการบริหารโครงการวิจัยให้ สัมฤทธิ์ผลตามกรอบเวลาที่กำหนด

หน้าที่ผู้ช่วยวิจัย สนับสนุนทีมวิจัยตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำการวิจัย และส่งต่อให้ผู้เกี่ยวข้องประสานงานกับบุคคลทั้งภายในและภายนอกทีมวิจัย ทำรายงานผลการวิจัย และตรวจสอบข้อมูลให้ถูกต้องวิเคราะห์หรือแปลผลการทดลองที่ได้จากข้อมูล

ก) ผู้วิจัยทำบันทึกถึง ผู้อำนวยการโรงพยาบาลศรีสงคราม เพื่อขออนุญาตทำการเก็บข้อมูลในผู้ป่วย และทีมผู้ให้บริการ

ข) ผู้วิจัยพบกับหัวหน้าแผนกผู้ป่วยนอกเพื่อขอเก็บข้อมูล

ค) ผู้วิจัยพบกับแหล่งข้อมูล ทำการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

- สิทธิของการเข้าร่วมหรือยกเลิกการให้ข้อมูลได้ทุกขั้นตอนการวิจัย
- ขออนุญาตบันทึกเสียง บันทึกภาพ ให้เป็นไปตามความสนใจของผู้ร่วมวิจัย
- การได้รับการคุ้มครองข้อมูลของผู้ให้ข้อมูลว่า ผู้วิจัยหลักเท่านั้นที่จะเข้าถึงข้อมูลขั้นในสุดที่ระบุ

เป็นรายบุคคล

- การนำข้อมูลไปเผยแพร่จะนำไปเฉพาะภาพรวมของผลการวิจัย ที่ไม่สามารถระบุถึงตัวบุคคลได้

ง) สังเกตกระบวนการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน โดยใช้แบบสังเกต จำนวน 6 ครั้ง ในวันจันทร์ พุธ ศุกร์

จ) สทนากลุ่ม ในกลุ่มผู้ป่วยและญาติ จำนวน 2 กลุ่ม ๆ ละ 6 คน ในประเด็น ความต้องการการดูแลก่อนกลับบ้าน และนำผู้ป่วยหรือญาติ สัมภาษณ์เชิงลึก ในประเด็นความต้องการการดูแลก่อนกลับบ้าน จำนวน 4 ราย

ฉ) สัมภาษณ์เชิงลึก ในกลุ่มเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการในแผนกผู้ป่วย

- ผู้บริหารโรงพยาบาล ได้แก่ ผู้อำนวยการโรงพยาบาล หัวหน้ากลุ่มการพยาบาล หัวหน้าแผนกผู้ป่วยนอก หัวหน้าห้องบัตร และหัวหน้าอุบัติเหตุ-ฉุกเฉิน

- แพทย์ จำนวน 5 คน

- พยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก และ แผนกอุบัติเหตุฉุกเฉิน จำนวน 12 คน

- เกสเซอร์ และ ตัวแทนห้องจ่ายยา จำนวน 6 คน

- เจ้าหน้าที่เวชกิจฉุกเฉิน จำนวน 2 คน

- ตัวแทนพนักงานเวรเปล จำนวน 4 คน

ข) การรวบรวมข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของข้อมูล ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง ผู้วิจัยจะทำการบันทึกเป็นไฟล์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาให้ความเห็น เพื่อปรับปรุงประเด็นคำถาม แหล่งข้อมูล และวิธีการเก็บข้อมูล โดยใช้วิธีสามเส้า (Triangulation) จนกระทั่งข้อมูลที่ได้รับครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ หรือข้อมูลอิ่มตัว

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ระบุการใช้ Content analysis ของปาริชาติ สถาปิตานนท์ และคณะ [4] สรุปขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหา ดังนี้ 1.กำหนดปัญหาในการวิจัย 2.การนิยามประชากรในการวิจัยและการสุ่มตัวอย่าง 3.การหนดหน่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล 4.การสร้างเครื่องมือในการจำแนกประเภทเนื้อหา 5.การกำหนดเกณฑ์ในการลงรหัสข้อมูล 6.การตรวจสอบความเที่ยงและความตรงของข้อมูล

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพแบบสามเส้า (Data Triangulation) คือ การพิสูจน์ว่าข้อมูลที่ได้มานั้นถูกต้องหรือไม่ วิธีการตรวจสอบของข้อมูลนั้น จะต้องตรวจสอบแหล่งที่มา 3 แหล่ง ได้แก่ เวลา สถานที่ และบุคคล โดยการตรวจสอบแหล่งเวลา หมายถึง การตรวจสอบข้อมูลในช่วงเวลาที่ต่างกันเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลที่ได้รับในช่วงเวลาต่าง ๆ นั้นเหมือนกันหรือไม่ การตรวจสอบสถานที่หมายถึงถ้าข้อมูลต่างสถานที่กันจะเหมือนกันหรือไม่ และการตรวจสอบบุคคล หมายถึงถ้า บุคคลผู้ให้ข้อมูลเปลี่ยนไปข้อมูลจะเหมือนเดิมหรือไม่

กรอบแนวคิดงานวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual framework) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ทฤษฎีการพยาบาลของ โอเร็มเรื่อง ทฤษฎีการดูแลตัวเอง มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการ การดูแลตนเองเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่บุคคลริเริ่ม

และกระทำเพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ตนเองในการดำรงไว้ซึ่งชีวิต สุขภาพ และความเป็นอยู่อันดี มีความสามารถในการดูแลตนเอง (Self-care agency) ได้แก่ ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อการดูแลตนเอง (Capabilities for self-care operations) และพลังความสามารถในการดูแลตนเอง (Power components: enabling capabilities for self-care) และทฤษฎีการดูแล วัตสันได้อธิบายว่า “ความรักอันยิ่งใหญ่ (cosmic love)” ระหว่างเพื่อนมนุษย์เป็น ที่ตั้งของการดูแล ผู้ให้การพยาบาลต้อง “ให้การพยาบาลด้วยความรัก” (Caritas nursing) เพราะความรักคือพลังที่ผลักดันให้เกิดกระบวนการบำบัดเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยและผู้ดูแลและผู้ให้การดูแล [5]

ก) ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะของผู้ร่วมวิจัย ใช้การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย

ข) ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ข้อมูลจากการสนทนากลุ่ม สัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตกระบวนการ ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา การคืนข้อมูลผลการวิจัย และการพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อนำเสนอผลการวิจัย และรับฟังข้อเสนอในการพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน จำนวน 2 ครั้ง (ครั้งที่ 1 นำเสนอภายในงานผู้ป่วยนอก ครั้งที่ 2 นำเสนอแก่ทีมที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยนอก) โดยมีประเด็นในการประชุม คือ

- ขอบเขตของงานดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน
- กลุ่มเป้าหมายในการดูแล
- วิธีการประเมินความต้องการการดูแล
- การให้ข้อมูล
- ช่องทางการติดต่อประสานงาน
- วิธีการติดตาม ประเมินผล การบันทึกข้อมูล
- บทบาทที่เกี่ยวข้องของทีมที่ดูแลผู้ป่วย แผนกผู้ป่วยนอก

ข) การดำเนินการตามบทบาทที่มอบหมาย

ค) การติดตามและประเมินผลด้วยวิธีการสังเกตและการประชุมติดตามของทีม จำนวน 2 ครั้ง (เดือนละ 1 ครั้ง)

ง) การสรุปแนวทางการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน

ตารางที่ 1: แบบสังเกตกระบวนการดูแลก่อนกลับบ้าน

สถานที่	ประเด็นที่สังเกต	วิธีการบันทึก
ห้องบัตร	● การสอบถามอาการหรือความต้องการบริการ ● การให้ข้อมูลบริการ	การสังเกตแบบมีส่วนร่วมในฐานะผู้ร่วมทีมดูแล
จุดคัดกรองผู้ป่วย (OPD)	● การสอบถามอาการหรือความต้องการบริการ ● การให้ข้อมูลผลการคัดกรอง ● การบอกขั้นตอนการบริการจุดต่อไป	การสังเกตแบบมีส่วนร่วมในฐานะผู้ให้บริการและบันทึกในแบบสังเกต
จุดตรวจรักษาผู้ป่วย (OPD)	● การสอบถามอาการหรือความต้องการบริการ ● การให้ข้อมูลผลการตรวจรักษา ● การบอกขั้นตอนการบริการจุดต่อไป	การสังเกตแบบมีส่วนร่วม ในฐานะผู้ให้บริการและบันทึกในแบบสังเกต
ห้องปฏิบัติการ/X-Ray	● การสอบถามหรือทวนซ้ำความต้องการบริการ ● การให้ข้อมูลระหว่างรอผลตรวจ ● การบอกขั้นตอนการบริการจุดต่อไป	การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม โดยใช้การสังเกตขณะส่งผู้ป่วย และบันทึกในแบบสังเกต

สถานที่	ประเด็นที่สังเกต	วิธีการบันทึก
จุดให้ข้อมูลก่อนกลับบ้าน	● การประเมินการรับรู้ต่อการเจ็บป่วยและความต้องการการดูแล ● การให้ข้อมูล/ความรู้การดูแลตนเอง ● การให้ข้อมูลช่องทางการติดต่อ ● การประเมินซ้ำการรับรู้ข้อมูลที่ได้รับ	การสังเกตแบบมีส่วนร่วม ในฐานะผู้ให้บริการ และบันทึกในแบบสังเกต
ห้องจ่ายยา	● การสอบถามหรือทวนซ้ำความต้องการบริการ ● การให้ข้อมูลระหว่างรอผลตรวจ ● การบอกขั้นตอนการบริการจุดต่อไป	การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม โดยใช้การสังเกตขณะส่งผู้ป่วย และบันทึกในแบบสังเกต

7. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ก) แนวคำถามในการสนทนากลุ่ม และ สัมภาษณ์เชิงลึกกับแหล่งข้อมูลในกลุ่มเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการผู้ป่วยนอก
- ท่านคิดว่า ในแผนกผู้ป่วยนอก ควรมีการจัดบริการเตรียมหรือให้ความรู้แก่ผู้ป่วยก่อนกลับบ้านอะไรบ้าง
 - ท่านคิดว่า อะไรคือเป้าหมายที่สำคัญที่สุด ของการดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลศรี

สงคราม

- ท่านคิดว่า ผู้ป่วยกลุ่มไหนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักของจุดดูแลก่อนกลับบ้าน (Exit Nurse)
- ท่านคิดว่า ในจุดบริการก่อนกลับบ้าน ควรมีกิจกรรม และให้ข้อมูลอะไรบ้าง
- ในฐานะที่ท่านเป็นทีมที่ดูแลผู้ป่วย ร่วมกับงานผู้ป่วยนอก ท่านควรมีบทบาทอย่างไรกับ การเตรียมหรือให้

ความรู้แก่ผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน

- ท่านคิดว่า ควรมีช่องทางใดในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้รับบริการ กับ แผนกผู้ป่วยนอก
- ท่านคิดว่า จะทำอย่างไรถึงให้ผู้รับบริการ ออกจากห้องตรวจโรค และพบกับพยาบาลจุดหลังตรวจทุกราย
- ท่านคิดว่า จุดหลังตรวจ มีความสำคัญต่อแผนกต่าง ๆ ตัวท่านเอง และผู้ป่วยอย่างไร
- ในความคิดของท่าน จุดหลังตรวจควร จะทำอย่างไร
- ท่านคิดว่ามีจุดหลังตรวจ ดีหรือไม่ ดีอย่างไร/ไม่ดีอย่างไร

ข) แนวคำถามในการสนทนากลุ่มกับผู้ป่วยหรือญาติ

- ท่านรับรู้ต่อการเจ็บป่วยของท่านอย่างไร (ป่วยเป็นโรคอะไร สาเหตุเกิดจากอะไร คุณหมอให้การรักษาอย่างไร มีความคาดหวังต่อการรักษาครั้งนี้อย่างไร อะไรที่จะทำให้ท่านจะกลับมารักษา)

- ความรู้หรือข้อมูลอะไรบ้าง ที่ท่านอยากได้ เพื่อใช้ในการดูแลรักษาโรคที่เจ็บป่วยของท่านหรือญาติ
- ท่านต้องการความช่วยเหลืออะไรบ้าง ในกรณีฉุกเฉิน หรือ มีข้อสงสัยในอาการหรือการรักษาการเจ็บป่วย
- ท่านมีข้อเสนอแนะอะไรบ้าง สำหรับการให้ข้อมูล,ความรู้แก่ผู้ป่วย ในการมาตรวจรักษาที่ โรงพยาบาลศรี

สงคราม

- ท่านรู้หรือไม่ ออกจากห้องตรวจโรค ต้องพบพยาบาลจุดหลังตรวจ
- ท่านมีความคิดอย่างไร ผู้รับบริการถึงจะมารับบริการจุดหลังตรวจเพิ่มมากขึ้น

ค) แบบสังเกตกระบวนการดูแลก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์สถานการณ์การดูแลผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน

บริบทของการบริการผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม (ดูแลตรวจรักษาผู้ป่วยตรวจโรคทั่วไป 4 สาขา ได้แก่ สูติศาสตร์ เวชกรรม ศัลยกรรม อายุรกรรม และกุมารเวช ขอบเขตการบริการของงานผู้ป่วยนอก ให้บริการทุกกลุ่มอายุ ตามสาขาที่ ผู้รับบริการต้องการตรวจรักษา ไม่จำกัดประเภทผู้ป่วยยกเว้นผู้ป่วยโรคเรื้อรังได้รับการตรวจที่แผนกโรคเรื้อรัง หรือผู้ป่วย คลินิกเฉพาะโรค คลินิกโรคหัวใจทุกวันศุกร์และ คลินิก Warfarin ทุกวันพฤหัสบดี การตรวจพิเศษ ได้แก่ การตรวจ ultrasound Abdomen และตรวจอัลตราซาวด์ ช่องคลอด (TVS) และ EKG มีจำนวนห้องตรวจ 5 ห้อง อัตรากำลังของงาน ผู้ป่วยนอก แพทย์ตรวจรักษาประจำวัน 5 คน ในแต่ละวัน จะมีแพทย์ออกตรวจผู้ป่วยไปภาคเช้า จำนวน 2 คน คลินิกเฉพาะ โรควันอังคารและวันศุกร์ เวลา 08.00-12.00 น. สูติศาสตร์ เวชกรรม วันศุกร์ แพทย์อายุรกรรมออกตรวจเฉพาะช่วงเช้า ช่วงบ่าย จะมีแพทย์ทั่วไปออกตรวจครบจำนวน 4 ห้อง พยาบาลคัดกรองผู้ป่วย จำนวน 4 คน และพยาบาลจดหลังตรวจ 1 คน ผู้ช่วย เหลือคนไข้ 2 คน ผู้ป่วยยอดเฉลี่ยรวมทุกสาขา ในแต่ละวัน 170 คน/วัน วันที่ผู้รับบริการมารับบริการมากคือ วันจันทร์ และ วันศุกร์ ยอดเฉลี่ย 200-250 คน/วัน

ผู้รับบริการ ปี 2559 มียอด ผู้ป่วยมารับบริการ มีจำนวน 38,761 ราย จำแนกผู้ป่วย 4 กลุ่ม อายุรกรรม 30,150 ราย ศัลยกรรม 4,030 ราย สูติ นารีเวช 635 ราย กุมารเวช 3,746 ราย และ ในปี 2560 มีผู้ป่วยมารับบริการ มีจำนวนผู้รับบริการ เพิ่มขึ้น 41,529. ราย จำแนกเป็นผู้ป่วย 4 กลุ่ม ได้แก่ อายุรกรรม 31,021 ราย ศัลยกรรม 4,135 ราย สูติ นารีเวช 643 ราย กุมารเวช 5,730 ราย

ขั้นตอนการรับบริการ แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม ก่อนการพัฒนา (เป็นข้อมูลก่อนการพัฒนา)

ขั้นตอนของการรับบริการในแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม เริ่มต้นจากห้องบัตรส่งบัตรคิวเรียงตามลำดับ ไม่แบ่งแยกประเภทผู้ป่วยทำให้ระยะเวลาในการรอคิวชั่งประวัตินานขึ้นและหลังชั่งประวัติ จะให้ผู้ป่วย นั่งรอตรวจตามลำดับ คิว เมื่อแพทย์ ออกตรวจจะให้ตรวจตามลำดับคิว และ หลังตรวจแพทย์จะยื่นใบยา ให้ผู้ป่วยกลับบ้านเลย โดยไม่ผ่าน พยาบาลจดหลังตรวจ ยกเว้นผู้ป่วยที่มีนัด หรือให้อนโรงพยาบาล และเขียนใบส่งตัวจึงพบพยาบาล

หลังจากนั้นเมื่อพบปัญหาอุปสรรคในการทำงาน ระยะรอคอยที่เพิ่มมากขึ้น และผู้ป่วย re-visit มากขึ้นภายใน 7 วัน จึงได้ปรับขั้นตอนการให้บริการออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ [6]

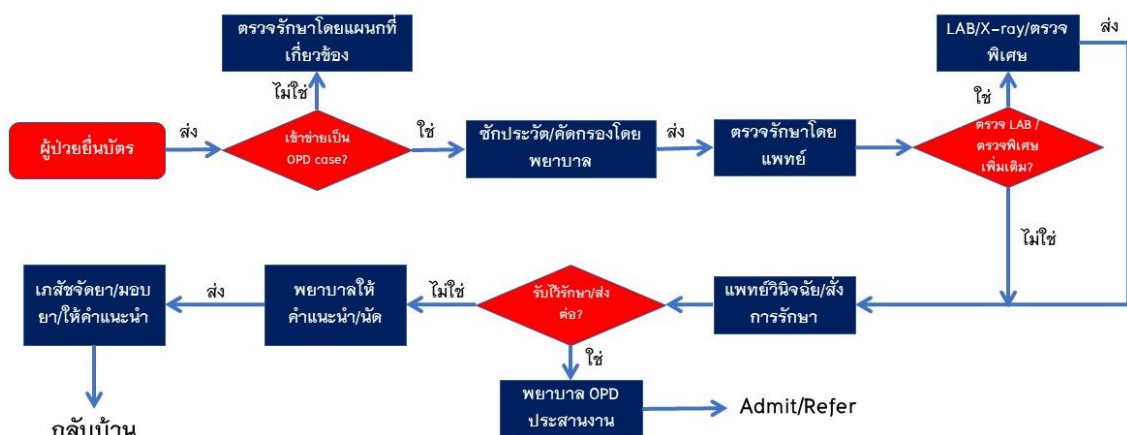
1) ระยะก่อนตรวจ เป็นระยะที่มีการคัดกรองผู้ป่วย แบ่งแยกประเภทผู้ป่วยออกเป็นสี 4 สี สีขาว คือผู้ป่วยโรคทั่วไป ที่อยู่ในภาวะปกติได้รับการตรวจประเมินภายใน 2 ชั่วโมง ผู้ป่วยสีเขียว คือ ผู้ป่วยอาการผิดปกติเล็กน้อยแต่ไม่มีภาวะเร่งด่วน ทางทางแพทย์ได้รับการดูแลภายใน 1 ชั่วโมง และผู้ป่วยสีเหลือง คือผู้ป่วยฉุกเฉินควรได้รับการตรวจประเมินภายใน 30 นาที และกลุ่มผู้ป่วยสีชมพู คือ มีภาวะเสี่ยงต่อการเสียชีวิต ควรได้รับการตรวจประเมินภายใน 10 นาที จะส่งดูแลต่อที่ห้องฉุกเฉิน ทันที ระยะนี้มีประเมิน สัญญาณชีพ ชั่งน้ำหนัก วัดความดัน และประเมินระบบทางเดินหายใจ โดยผู้ช่วยเหลือคนไข้และ พยาบาลวิชาชีพ 1 คน พยาบาล อีก 3 คน ทำหน้าที่ในการซักประวัติให้ครอบคลุมโดยแบ่งหน้าที่รับผิดชอบชัดเจนในการดูแล ผู้ป่วยประเภทต่าง ๆ ในการซักประวัติ เพื่อให้เข้าถึงบริการที่รวดเร็วขึ้น

2) ระยะเข้าตรวจตามลำดับคิว ยกเว้นผู้ป่วยที่จะได้รับการตรวจก่อน จะได้รับการตรวจก่อนตามแนวทางปฏิบัติ ได้แก่ ผู้สูงอายุ 70 ปีขึ้นไป เด็กอายุน้อยกว่า 1 ปี รกเข็นนั่ง เปลงนอน และ ผู้ที่มีสัญญาณชีพเปลี่ยนแปลง เช่น มีไข้ 37.5 องศาเซลเซียส ขึ้นไป และความดันโลหิตสูงประเมินซ้ำ 2 ครั้งยังสูง $\geq 140/90$ มิลลิเมตรปรอท ผู้ป่วยพิการ ด้อยโอกาส และผู้ป่วย จิตเวช ได้รับการตรวจก่อน หลังจากนั้น จะเรียงตรวจตามลำดับคิว

3) ระยะหลังตรวจ เมื่อผู้ป่วยได้รับการตรวจจากห้องตรวจโรคทุกห้อง ให้มาพบพยาบาลจดหลังตรวจ เพื่อประเมิน ความรู้ก่อนกลับบ้าน ให้ความรู้ในกลุ่มเป้าหมาย และประเมินความรู้ก่อนกลับบ้าน การออกใบนัด การนัดหมาย การเตรียมตัว ก่อนนัด เป็นจุดบริการส่งพักรักษาในโรงพยาบาล (Admit) การเขียนใบส่งตัว และการประสานงานไปยังหน่วยงานต่าง ๆ ก่อน

ส่งผู้ป่วยไปทำกิจกรรมต่อเนื่อง เพื่อลดข้อขัดแย้งระหว่างหน่วยงาน และให้ความรู้ก่อนกลับบ้าน ในกลุ่มเป้าหมายผู้ป่วยเด็กมี ไข้ต่ำกว่า 5 ปี ผู้ป่วย โรคกระเพาะอาหารและโรคเกาต์ เนื่องจากมา Re-visit บ่อยภายใน 7 วัน และจากการประเมิน พบว่าผู้ป่วยยังขาดความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการปฏิบัติตัว การรับประทานอาหาร และการเช็ดตัวที่ใช้ที่ถูกต้อง ความรู้ในการให้ผู้ป่วย จะเน้นการปฏิบัติตัว ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมารับประทานอาหาร ในผู้ป่วยโรคกระเพาะอาหาร ผู้ป่วยโรคเกาต์ เน้นการรับประทานอาหารที่ควรรับประทาน และงดอาหารที่ควรงดเด็ดขาด ส่วนเด็กมีไข้ต่ำกว่า 5 ปี เน้นการสอน สาธิต การเช็ดตัวที่ถูกต้อง หลังให้ความรู้ จะประเมิน โดยการสอบถาม และการสังเกต ผู้ป่วยสามารถตอบคำถามได้ และปฏิบัติตาม เช็ดตัวได้ถูกต้อง

ขั้นตอนการให้บริการ แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม สามารถสรุปเป็นแผนภูมิ ได้ดังนี้



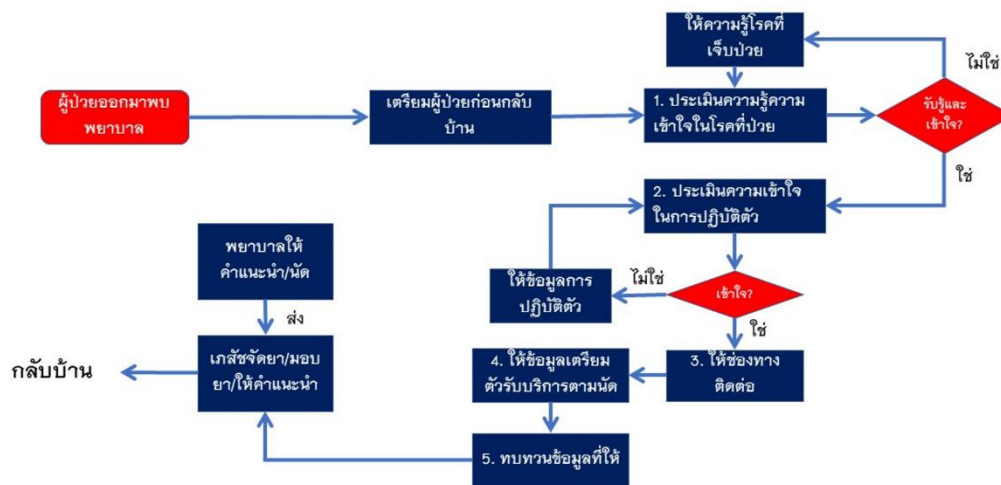
ภาพที่ 1: ขั้นตอนการให้บริการ แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม

ขั้นตอนการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน ณ จุด EXIT NURSE แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม

ขั้นตอนของการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม เริ่มต้นจาก เมื่อผู้ป่วยออกจากห้อง ตรวจโรค จะไปรับยาที่ห้องยาและไปตรวจเลือด x-ray ไปยังแผนกต่าง ๆ โดยไม่ผ่านพยาบาลจุดหลังตรวจทำให้พบอุบัติการณ์ต่าง ๆ เช่น Re-visit ด้วยโรคเดิมภายใน 7 วัน เกิดข้อขัดแย้งในหน่วยงานต่าง ๆ และข้อมูลไม่ สมบูรณ์ในใบส่งตัว ทำให้ผู้ป่วยต้อง เสียเวลากลับมาโรงพยาบาลอีกครั้ง

ดังนั้นหน่วยงานได้ปรับเปลี่ยนการดูแลผู้ป่วยระยะที่ 3 ระยะหลังตรวจขึ้น เพื่อลดอุบัติการณ์ดังกล่าวก่อน ออกจาก ห้องตรวจโรคแพทย์ต้องแจ้งผู้ป่วยทุกครั้ง ให้มาพบพยาบาลจุดหลังตรวจโต๊ะที่ 4 ทุกครั้ง เพื่อพยาบาลจะได้ดูแลต่อเนื่อง ได้แก่ การคัดเลือกร่วมเป้าหมายให้ความรู้ก่อนกลับบ้านในโรคที่เป็น มีการประเมินก่อนการให้ความรู้ และให้ความรู้ในเรื่องที่ ขาด มีการเน้นการให้ความรู้ในผู้ป่วย 3 กลุ่ม ได้แก่ เด็กมีไข้สูง โรคเกาต์ และผู้ป่วยโรคกระเพาะอาหาร การประสานงานส่ง ต่อผู้ป่วยไปยังหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อการดูแลต่อเนื่อง ทั้งภายในโรงพยาบาล และภายนอกโรงพยาบาล ทำให้ผู้ป่วยได้รับการ ดูแลต่อเนื่อง และลดข้อขัดแย้งต่าง ๆ ลดลงมากขึ้น การออกบัตรนัด และการให้ความรู้ การเตรียมตัวก่อนนัด โดยเน้นย้ำ ผู้ป่วยและญาติให้มาตรงวันนัด เวลา ตัวก่อนนัด การอ่านบททวนบัตรนัดอีกครั้ง เพื่อให้เข้าใจ ทำให้สามารถทราบนัดได้ และปฏิบัติตัวก่อนนัดได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม

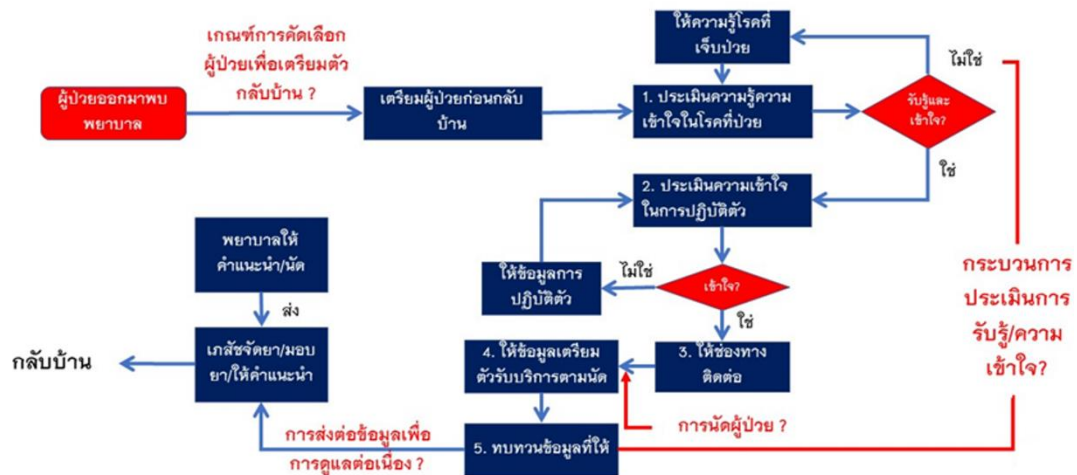
ขั้นตอนการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน ณ จุด EXIT NURSE แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม



ภาพที่ 2: ขั้นตอนการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม

ช่องว่างโอกาสการพัฒนา ในการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน จากการวิเคราะห์ ขั้นตอนการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน ณ จุด Exit nurse แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม พบว่า ผู้รับบริการขาดการคัดเลือกร่วมเป้าหมายสำหรับเตรียมความรู้ก่อนกลับบ้านในการให้ความรู้ความเข้าใจในโรคที่ป่วยและการปฏิบัติตัวการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม พบอุปสรรคที่มีผลต่อสุขภาพผู้ป่วย ได้แก่ การกลับมารักษาซ้ำภายใน 7 วันด้วยโรคเดิม และการมาผิวนัด เตรียมตัวไม่ถูกต้องก่อน ผู้ให้บริการ แพทย์ พยาบาล หรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง เพิ่มภาระงานให้กับแพทย์ พยาบาล และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และสูญเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาเพิ่มมากขึ้น. เนื่องจากผู้รับบริการ ขาดความรู้ ความเข้าใจ และการปฏิบัติตัวที่ถูกต้องในโรคที่เป็นอยู่ และปัญหาขาดการประสานการดูแลต่อเนื่องทั้งภายในและภายนอก เกิดข้อขัดแย้งระหว่างหน่วยงาน ทำให้ผู้รับบริการได้รับการดูแลล่าช้า และเกิดความไม่พึงพอใจ และมีอาการทรุดระหว่างรอการประสานงานการดูแลต่อเนื่อง จากการทบทวนดังกล่าว พบช่องว่างเพื่อการพัฒนา พบว่า ในการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน ณ แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม ไม่พบการกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกผู้ป่วย ผู้ป่วยทั้งหมดจะถูกส่งออกจากห้องตรวจและพยาบาลหน้าห้องตรวจเพื่อให้พบพยาบาลที่จุดเตรียมผู้ป่วยกลับบ้านเฉลี่ยวันละ 150 คน ทำให้ไม่สามารถพบและประเมินความต้องการความรู้ในการดูแลตนเองผู้ป่วยได้ จึงได้ทำเพียงการนัดวันการตรวจในครั้งต่อไป หรือการให้ความรู้โดยทั่วไปตามโรคที่ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ โดยเนื้อหาความรู้ที่ให้จะเป็นความรู้เกี่ยวกับโรคที่ป่วย โดยไม่มีการประเมินการรับรู้ของผู้ป่วยก่อนและหลังการให้ความรู้ จึงไม่มีการทบทวนการให้ความรู้ที่ให้ ทำให้ผู้ป่วยได้ความรู้ที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการที่จะนำไปปรับใช้ได้ดังภาพที่ 3

ช่องว่างการพัฒนา ในการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน



ภาพที่ 3: ช่องว่างการพัฒนาในการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน

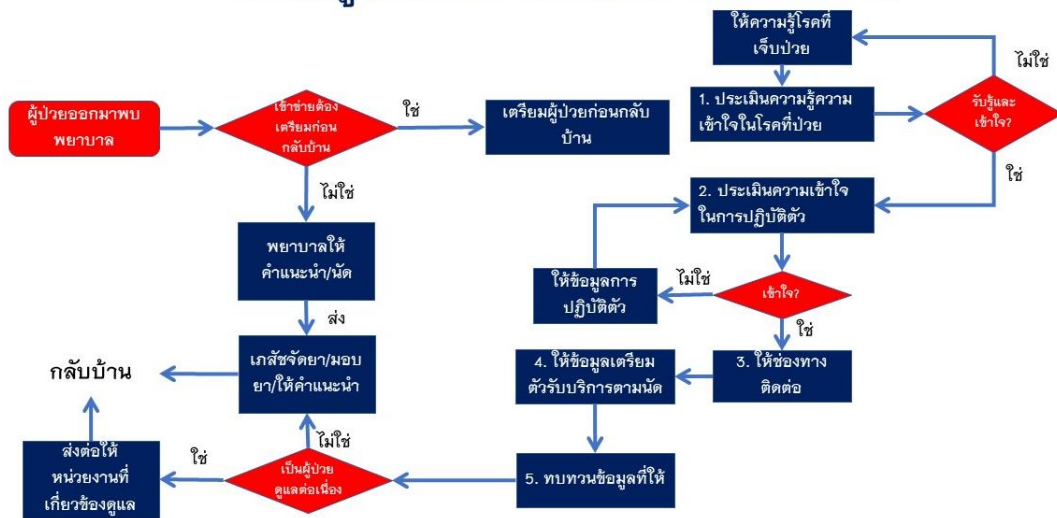
2. การคืนข้อมูลและจัดทำแผนพัฒนาการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ คณะผู้วิจัย ได้จัดกระบวนการคืนข้อมูลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อรับทราบ ให้ความเห็นต่อข้อมูล และร่วมเสนอแผนพัฒนาแนวทางการพัฒนา จำนวน 2 ครั้ง คือ

2.1) การคืนข้อมูล

ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2561 คืนข้อมูลแก่ทีมที่เกี่ยวข้องกับการบริการผู้ป่วยนอก ประกอบด้วย แพทย์ พยาบาล และ ทีมสหวิชาชีพอื่น ๆ ผลการคืนข้อมูลพบว่า ส่วนใหญ่มีความเห็นสอดคล้องกับข้อมูลการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้านที่ไม่มีการประเมินความรู้และความต้องการผู้ป่วยก่อนให้ความรู้ ทำให้ทีมส่วนหนึ่งจะได้นำผลจากการคืนข้อมูลไปใช้และสะท้อนแก่ที่ดูแลผู้ป่วย ได้แก่ การประเมินความรู้และความต้องการของผู้ป่วย และการให้ความรู้ที่ผู้ป่วยสามารถนำไปปรับใช้ การประเมินซ้ำ และให้มีช่องทางในการติดต่อสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่กับผู้ป่วยเพื่อใช้ในการติดต่อสอบถามหรือขอความช่วยเหลือ นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมประชุมได้เสนอให้คณะผู้วิจัยนำผลการศึกษาไปปรับใช้ในการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้านโดยให้เลือกประเด็นโรคที่สำคัญ เช่น โรคที่พบบ่อย หรือโรคที่ผู้ป่วยกลับมารักษาซ้ำในงานผู้ป่วยนอก เพื่อใช้เป็นกลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาการเตรียมผู้ป่วย ดังภาพที่ 4

ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2561 คืนข้อมูลแก่ทีมในงานผู้ป่วยนอก ประกอบด้วย พยาบาล ผู้ช่วยเหลือผู้ป่วย ผลการคืนข้อมูลพบว่า ทุกคนเห็นด้วยกับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ และเห็นว่า ผู้ป่วยที่ออกจากห้องตรวจของแพทย์ควรแยกออกเป็นกลุ่มที่ต้องเตรียมให้ข้อมูลก่อนกลับบ้าน และ เตรียมความรู้ก่อนกลับบ้าน ในกลุ่มที่เตรียมให้ข้อมูลก่อนกลับบ้าน ได้แก่ การนัดหมาย หรือข้อควรปฏิบัติที่ต้องย้ำเน้น ได้แก่ การนัดมาตรวจทางห้องปฏิบัติการ การกินยาสม่ำเสมอ ส่วนกลุ่มเตรียมความรู้ก่อนกลับบ้าน ในระยะแรกให้คัดเลือกโรคที่สำคัญมาทดลองใช้แนวทางก่อน โดยให้มีการประเมินความรู้แบบสั้น ๆ แล้วให้ความรู้ตามความเหมาะสมหรือต้องการ พร้อมกับการประเมินความรู้ซ้ำก่อนกลับบ้าน ในการประชุมได้มอบหมายบทบาทตามตาราง การจัดทำแนวทางการเตรียมความรู้ผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน และกำหนดโรคที่สำคัญ สำหรับใช้เป็นประเด็นพัฒนาแนวทางการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน จำนวน 3 โรค ได้แก่ โรคกระเพาะอาหาร โรคเก๊าท์ เด็กมีไข้สูงต่ำกว่า 5 ปี

ข้อเสนอเพื่อการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน แผนผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีสงคราม



ภาพที่ 4: ข้อเสนอเพื่อการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน

2.2) การพัฒนาระบบการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน คณะผู้วิจัยได้ร่วมกับทีมสหวิชาชีพ จัดทำขั้นตอนการพัฒนาดังนี้ [7]

ก) การเตรียมเนื้อหาความรู้ที่จำเป็น สำหรับการดูแลตนเองของผู้ป่วย 3 โรค โดย 1.) การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง และนำมาจัดทำเป็นเนื้อหา และแผนการให้ความรู้ 2.) สร้างแบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับ

- โรคกระเพาะอาหาร มีเนื้อหาประเมิน ประกอบด้วย การเลือกรับประทานอาหาร การจัดการปัจจัยที่มีผลต่อโรค และการดูแลตนเองเมื่อมีอาการของโรค จำนวน 5 ข้อ
- โรคเกาต์มีเนื้อหาประเมิน ประกอบด้วย สาเหตุการเกิดโรค ปัจจัยที่มีผลต่อการกำเริบของโรค เกาต์ และการดูแลตนเอง จำนวน 5 ข้อ
- เด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี มีไข้สูง ประกอบด้วย การดูแลเด็กเมื่อมีไข้ ข้อควรระวังเมื่อเด็กมีไข้สูง และการเข้ารับบริการฉุกเฉิน จำนวน 5 ข้อ

ข) การเตรียมเจ้าหน้าที่ในทีมงานผู้ป่วยนอก ให้มีความรู้และทักษะ ในการประเมิน การให้ความรู้ และการใช้แบบทดสอบความรู้เตรียมผู้ป่วย

ค) การเตรียมผู้ป่วยในผู้ป่วย 3 โรค ในช่วงเดือน มีนาคม โดยมีขั้นตอนดังนี้

- เชิญผู้ป่วย หรือ ผู้ปกครองของผู้ป่วย เข้าร่วมกิจกรรม
- ประเมินความรู้ โดยใช้แบบประเมินที่กำหนดไว้
- ประเมินความต้องการความรู้สำหรับการดูแลตนเองในโรคที่เจ็บป่วย
- ให้ความรู้แก่ผู้ป่วย ตามประเด็นที่ต้องการ
- ประเมิน และทวนซ้ำในความรู้ที่ได้รับ พร้อมกับให้ข้อมูลสำหรับการติดต่อสอบถาม

3. ผลการเตรียมผู้ป่วย

3.1) การเตรียมผู้ป่วย โรคกระเพาะอาหาร มีผู้ป่วยรับการเตรียม จำนวน 40 คน ทุกคนได้รับการเตรียมตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ใช้เวลาเฉลี่ยในการเตรียม รายละ 10 นาที ผลการประเมินความรู้พบว่า ด้านการรับประทานอาหาร และการจัดการความเครียดมีค่าเฉลี่ย 1.00 ส่วนการปฏิบัติตัวเพื่อหลีกเลี่ยง ปัจจัยเสี่ยง เช่น ชา กาแฟ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้เท่ากับ 0.45 และ การจัดการเมื่อมีอาการของโรค เท่ากับ 0.475 ตามลำดับ ดังข้อมูลในตาราง ผู้ป่วย โรคกระเพาะอาหาร ซึ่งผลจากการประเมินดังกล่าว ผู้ให้ความรู้สามารถนำข้อมูลสะท้อนกลับแก่ผู้ป่วยที่ได้รับการเตรียมความรู้ และเน้นความรู้เฉพาะจุดทำให้ผู้ป่วยมีความเข้าใจ และมีความพึงพอใจต่อการกระบวนการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้านมากขึ้น

ตารางที่ 2: ผลการประเมินความรู้ จากการเตรียมผู้ป่วย โรคกระเพาะอาหาร (จำนวน 40 คน)

ข้อ	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย
1	ควรรับประทานอาหารให้ครบทุกมื้อ	1.00
2	ควรหลีกเลี่ยงสิ่งที่จะคายเคืองกระเพาะอาหารเช่น ยาชุด ยาแก้ปวด เครื่องดื่มและอาหารรสจัด ทุกชนิด	1.00
3	ความเครียด หมั่นออกกำลังกาย 3 ครั้ง/ สัปดาห์ ลดการเกิดโรคกระเพาะอาหารได้	1.00
4	โรคกระเพาะอาหารสามารถสูบบุหรี่ กินชา กาแฟได้ตามปกติ	0.45
5	มีอาการปวดแสบร้อนท้องมาก สามารถซื้อยาลดกรดกินเองได้โดยไม่พบแพทย์	0.475
รวม		3.925

ผลการประเมินความพึงพอใจ ว่า ดีมาก ที่ให้ความรู้ก่อนกลับบ้านจะนำไปปฏิบัติตัวอย่างเคร่งครัด

ตารางที่ 3: ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการเตรียมผู้ป่วย โรคกระเพาะอาหารก่อนกลับบ้าน

ผลการประเมินความพึงพอใจ	จำนวน	ร้อยละ
ดีมาก	36	90.00
ดี แต่มีประเด็นที่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติม (ควรมีห้องให้คำแนะนำ มีเสียงรบกวน, เสียงดังขณะให้คำแนะนำ, น่าจะมีอาหารมาให้ด้วย, ควรมีเวลามากกว่านี้	4	10.00
รวม	40	100.00

3.2) การเตรียมผู้ป่วยโรคเก๊าท์ มีผู้ป่วยรับการเตรียม จำนวน 24 คน ทุกคนได้รับการเตรียมตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ใช้เวลาเฉลี่ยในการเตรียม รายละ 10 นาที ผลการประเมินความรู้พบว่า ความรู้ในสาเหตุการเกิดโรคมีค่าเฉลี่ย 1.00 ส่วนความรู้ต่ออาการของโรค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 มีน้ำหนักมากเกินไปทำให้เกิดโรคเก๊าท์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 และ การซื้อยารักษาโรคเก๊าท์ ด้วยตนเอง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.96 ตามลำดับ ดังข้อมูลในตารางที่ 4 ซึ่งผลจากการประเมินดังกล่าว ผู้ให้ความรู้สามารถนำข้อมูลสะท้อนกลับแก่ผู้ป่วยที่ได้รับการเตรียมความรู้ และเน้นความรู้เฉพาะจุดทำให้ผู้ป่วยมีความเข้าใจ และมีความพึงพอใจต่อการกระบวนการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้านมากขึ้น

ตารางที่ 4: ผลการประเมินความรู้ จากการเตรียมผู้ป่วยโรคเก๊าท์

ข้อ	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย
1	โรคเก๊าท์เกิดจากการสะสมของกรดยูริกตามข้อมากเกินไป	1.00

ข้อ	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย
2	อาหารที่ควรงดของโรคเก๊าท์คือ เหล้าเบียร์ เครื่องในสัตว์ อาหารทะเลและสัตว์ปีก	1.00
3	อาการของโรคเก๊าท์มีอาการอักเสบข้อที่นิ้วหัวแม่เท้า ปวด บวมแดง	0.83
4	การมีน้ำหนักไม่อ้วนเกินไป ทำให้การเกิดโรคเก๊าท์ได้	0.71
5	โรคเก๊าท์ ซึ่อย่ากินเองได้ โดยไม่ต้องพบแพทย์	0.96
	รวม	0.45

ผลการประเมินความพึงพอใจ ดีมาก มีความรู้เรื่องการงดกินอาหารที่ควรงด แผ่นพับให้ความรู้ดีมากและรับรู้ภาวะแทรกซ้อนทำให้รู้สึกกลัว จะไปปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมารับประทานอาหารใหม่

ตารางที่ 5: ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการเตรียมผู้ป่วยโรคเก๊าท์ ก่อนกลับบ้าน

ผลการประเมินความพึงพอใจ	จำนวน	ร้อยละ
ดีมาก	21	87.50
ดี และมีข้อเสนอแนะ (อยากให้มีมุมให้ความรู้, อยากให้พยาบาล อธิบายมากขึ้น, อยากให้พยาบาล มีเวลาแนะนำให้มากกว่านี้, อยากให้ กระตุ้นทุกครั้งที่มา อาการปวดลดลง)	3	12.50
รวม	24	100.00

3.3) เด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี มีไข้สูง มีผู้ปกครองเด็กรับการเตรียม จำนวน 24 คน ทุกคนได้รับการเตรียมตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ใช้เวลาเฉลี่ยในการเตรียม รายละเอียด 5 นาที ผลการประเมินความรู้พบว่า มารดาให้ความสนใจรับฟังและยังขาดความรู้ความเข้าใจในการเช็ดตัวลดไข้ที่ถูกวิธี ดังข้อมูลในตาราง ซึ่งผลจากการประเมินดังกล่าว ผู้ให้ความรู้สามารถนำข้อมูลสะท้อนกลับแก่ผู้ป่วยที่ได้รับการเตรียมความรู้ และเน้นความรู้เฉพาะจุดทำให้ผู้ป่วยมีความเข้าใจ และมีความพึงพอใจต่อการกระบวนการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้านมากขึ้น

ตารางที่ 5: ผลการประเมินความรู้ จากการเตรียมผู้ปกครองเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี ที่มีอาการไข้สูง

ข้อ	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย
1	การเช็ดตัวลดไข้เด็กอย่างน้อยใช้เวลา 15-20 นาที โดยการใช้ผ้าอุ่น	1.00
2	วิธีการเช็ดตัวลดไข้เด็ก ให้เช็ดตามตัด ซอกแขน ขา รักแร้ และข้อพับต่าง ๆ	1.00
3	ให้จิบน้ำบ่อยๆและกินยาลดไข้ตามแพทย์สั่งทุก 4 ชั่วโมง	0.99
4	ลูกมีไข้สูงมาก หนาวสั่น ให้ห่มผ้าหรือใส่เสื้อหนาๆเพื่อลดไข้ได้	0.87
5	เด็กที่ไข้สูงมาก ไม่เช็ดตัวลดไข้ จะทำให้ไข้ชักได้	0.99
	รวม	4.84

ผลการประเมินความพึงพอใจ ดีมาก ที่มีการสาธิต แนะนำ การเช็ดตัวที่ถูกวิธีทำให้เช็ดตัวลดไข้ได้ถูกวิธีมากขึ้น

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ปกครองเด็กต่อการเตรียมเพื่อดูแลเด็กที่มีอาการไข้สูง

ผลการประเมินความพึงพอใจ	จำนวน	ร้อยละ
ดีมาก	52	77.61
ดี และมีข้อเสนอแนะ (อยากให้สอนนานกว่านี้ อยากให้มีอุปกรณ์สาธิตเพิ่มเติม)	9	13.43
พอใจ มีข้อเสนอแนะ (อยากให้เบอร์โทรติดต่อสอบถาม อยากให้มีสถานที่สาธิตการเช็ดตัวลดไข้)	3	
รวม	24	100.00

3.4) การนำผลการพัฒนาแนวทางการเตรียมผู้ป่วยไปใช้ในหน่วยงาน [8] หลังจากการทดลองใช้แนวทางในการเตรียมผู้ป่วยก่อนกลับบ้าน ในผู้ป่วยหรือผู้ปกครอง ใน 3 โรคข้างต้น ผู้วิจัยได้นำไปเสนอแก่หน่วยงาน เพื่อนำแนวทางการเตรียมพร้อมผู้ป่วย ไปปรับใช้ดังนี้

1. การประเมินความรู้ก่อนจำหน่ายผู้ป่วยกลับบ้าน ในกลุ่ม 3 โรคข้างต้น
2. การให้ความรู้ ก่อนกลับบ้าน และสาธิต การเช็ดตัวลดไข้ที่ถูกต้อง
3. การประเมินความรู้ก่อนกลับบ้าน กับผู้ป่วยและญาติ
4. การแจกแผ่นพับ ให้ความรู้ ในกลุ่ม 3 โรค
5. การติดตามผู้ป่วยเมื่อกลับมาตามนัด

สรุปผล

การให้ความรู้ผู้ป่วยขาดการประเมินความต้องการและความรู้ที่เหมาะสมกับผู้ป่วย ขาดการส่งต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงาน จึงนำข้อมูลมาวางแผนพัฒนาการให้ความรู้ผู้ป่วยใน 3 โรคคือโรคกระเพาะอาหาร โรคเกาต์ และไข้สูงในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี ผลการประเมินผลระยะที่ 1 การให้ความรู้ผู้ป่วย 3 โรคจำนวน 41, 67 และ 27 รายตามลำดับ พบว่า มีค่าเฉลี่ยความรู้ (เต็ม 5) เท่ากับ 3.9 4.8 และ 4.5 ตามลำดับ จึงได้ปรับวิธีการสะท้อนการให้ข้อมูลและประเมินในระยะที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความรู้เท่ากับ 5.0 5.0 และ 4.9 ตามลำดับ ผู้เกี่ยวข้องมีความพึงพอใจต่อการให้ความรู้แบบใหม่ สรุปขั้นตอนการให้ความรู้ใหม่ดังนี้

- 1) การประเมินความต้องการ
- 2) ให้ข้อมูลและตรวจสอบความเข้าใจ
- 3) ให้ผู้ป่วยวางแผนการปฏิบัติตัวและสะท้อนกลับ
- 4) ให้เอกสารความรู้และช่องทางติดต่อกับเจ้าหน้าที่
- 5) ส่งข้อมูลการดูแลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาแนวทางการให้ความรู้ในงานผู้ป่วยนอก [9] เกิดจากกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับผู้เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดการรับรู้และวางแผนแนวทางการให้ความรู้แก่ผู้ป่วยที่มาใช้บริการ ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนกระบวนการให้ความรู้และการสะท้อนวิธีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและการดูแลผู้ป่วย และผลการศึกษานำไปปรับใช้ในกลุ่มผู้ป่วยอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี จึงควรศึกษาต่อยอดจากการวิจัยครั้งนี้ โดยศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการให้ความรู้ที่พัฒนาขึ้น และนำเสนอให้หน่วยงานอื่นได้เรียนรู้กระบวนการพัฒนาไปปรับใช้ในงาน

สรุปผลการวิจัย แนวทางการให้ความรู้แก่ผู้ป่วยนอก (Out-patient Department: OPD)

- 1) การปรับขั้นตอนการบริการที่ OPD มีช่วงเวลาให้กับความรู้กับแก่ผู้รับบริการ ดังนี้

1.1) ผู้ป่วยได้รับความรู้ระหว่างรอพบแพทย์ ได้แก่ ความรู้เรื่องโรคทั่วไป และความรู้เรื่องโรคตามฤดูกาลต่าง ๆ และประชาสัมพันธ์ขั้นตอนการรับบริการที่แผนกผู้ป่วยนอก เวลา 09.00-09.30 น. และ ทุก ๆ 30 นาที เพื่อให้ผู้รับบริการมาใหม่ได้เข้าใจและรับรู้มากขึ้น

1.2) เมื่อออกจากห้องตรวจโรค ผู้รับบริการทุกคน จะได้รับการดูแลจากพยาบาลที่จุด Exit nurse เพื่อดูแลต่อเนื่องตรวจกลับบ้านการให้ความรู้ก่อนจำหน่าย ตาม Demethod ดูแลผู้ป่วยส่งต่อ (referral) และดูแลผู้ป่วยนอนโรงพยาบาล

1.3) ผู้ป่วย โรคกระเพาะอาหาร โรคเก๊าท์ และ เด็กมีไข้ต่ำกว่า 5 ปี การให้ความรู้ในห้องให้คำปรึกษา สอนสาธิต และทดสอบความรู้ก่อนกลับบ้านให้ผ่านการทดสอบ จึงจำหน่ายกลับบ้าน

2) การประเมินความต้องการของผู้รับบริการ ตามแผนการประเมินสุขภาพ ของกอร์ดอน 11 แบบแผน และการใช้ทฤษฎีการพยาบาลในการประเมิน ปัญหาสุขภาพ[10]

2.1) แบบแผนที่ 1 การรับรู้และการดูแลสุขภาพ

2.2) แบบแผนที่ 2 โภชนาการและการเผาผลาญสารอาหาร

2.3) แบบแผนที่ 3 การขับถ่าย

2.4) แบบแผนที่ 4 กิจกรรมประจำวันและการออกกำลังกาย

2.5) แบบแผนที่ 5 การพักผ่อนนอนหลับ

2.6) แบบแผนที่ 6 สติปัญญาและการรับรู้

2.7) แบบแผนที่ 7 การรู้จักตนเองและอัตมโนทัศน์

2.8) แบบแผนที่ 8 บทบาทและสัมพันธภาพ

2.9) แบบแผนที่ 9 เพศและการเจริญพันธุ์

2.10) แบบแผนที่ 10 การปรับตัว และการเผชิญกับความเครียด

2.11) แบบแผนที่ 11 ความเชื่อ

3) วิธีการให้ความรู้ และการตรวจสอบความเข้าใจ โดยการใช้กระบวนการพยาบาล

3.1) การประเมินสภาพผู้ป่วย (Assessment) การซักประวัติ (subjective data) และการประเมิน (objective data) เพื่อรวบรวมปัญหาของผู้รับบริการ ให้ได้มากที่สุดและครอบคลุมกับผู้ป่วยตามแบบประเมินสุขภาพของกอร์ดอน

3.2) การวินิจฉัยการพยาบาล (Nursing Diagnosis) ระบุความบกพร่องในการดูแลตนเองเพื่อค้นหาปัญหา

3.3) การวางแผนการพยาบาล (Nursing Care Planning) การให้ความรู้โดย DEMETHOD จากการวินิจฉัยการพยาบาล และการวิเคราะห์ปัญหา

3.4) การปฏิบัติการพยาบาล (Nursing Intervention) การให้การให้ความรู้ ตามปัญหาที่ค้นพบโดย วิธีการให้ความรู้แบบ สอน สาธิต และให้ทดลองปฏิบัติ และ การใช้สื่อการสอน แผ่นพับ โปสเตอร์ และ modal อาหารประกอบการสอน

3.5) การประเมินผลการให้ความรู้ (Evaluation) หลังให้การพยาบาล โดย สังเกตการณ์ฝึกปฏิบัติ การตอบคำถามผ่านเกณฑ์ประเมิน สิ้นหน้าท่าทาง การรับรู้ และการใช้ 3 P ในการประเมิน process ผู้รับบริการมีความพยายามเรียนรู้ product ผลสรุปการเรียนรู้ มีความเข้าใจ ผ่านเกณฑ์กำหนด และ progress และมีการพัฒนา การเรียนรู้ที่ดีขึ้น

4) ช่องทางการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ มีดังนี้

4.1) ขอคำปรึกษาเพิ่มเติม วิตกกังวลใจ ไม่มั่นใจในคำแนะนำที่ให้ไป ให้ประสานงาน ในเวลาราชการ เบอร์โทรติดต่อ 042-599230 ต่อ 142 และนอกเวลาราชการ ติดต่อแผนกอุบัติเหตุและฉุกเฉิน 042-599230 ต่อ 110

4.2) กรณีมีอาการผิดปกติ ที่ต้องมาโรงพยาบาล ให้ประสานกู้ชีพตำบลต่าง ๆ นำส่งโรงพยาบาล หรือโทร 1669

5) การส่งต่อข้อมูลการดูแลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องประสานงานไปยัง รพสต. 18 แห่ง ที่ผู้รับบริการอยู่ในพื้นที่ ผ่านทางโทรศัพท์ ทาง line และการเขียนใบส่งตัวดูแลต่อเนื่อง

ผลการวิจัยและการดำเนินงาน

กิจกรรม	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
ศึกษา สติติ ข้อมูล	สิงหาคม						
เลือกผู้ป่วย	กันยายน						
ปรึกษาอาจารย์ที่ ปรึกษาและศึกษา เอกสาร	ตุลาคม						
ดำเนินการขอ EC	พฤศจิกายน						
อนุมัติ EC	15 ธันวาคม						
เก็บข้อมูลและ สัมภาษณ์กลุ่ม ตัวอย่าง		มกราคม					
ประมวลผลและ วิเคราะห์ข้อมูล		มิถุนายน					
รายงาน ความก้าวหน้า		สิงหาคม					
ทดลองทำการวิจัย		กันยายน					
สรุปผลการวิจัย			มกราคม				
เขียนรายงานและ จัดทำรูปเล่ม			มีนาคม				
ปฏิบัติตามตามผล วิจัย				✓	✓	✓	✓
เผยแพร่ผลงาน							✓

ตารางสรุปคะแนนการให้ความรู้แก่ผู้ป่วย 3 โรค

ผู้ป่วย	จำนวน	ดีมาก	ดี	พอใช้	คำถามข้อคะแนนต่ำสุด	ข้อเสนอแนะ
โรคกระเพาะอาหาร	40 คน	36(90%)	4(10%)	ไม่มี	โรคกระเพาะอาหาร สามารถสูบบุหรี่ กิน ชา กาแฟได้ปกติ	ไม่ควรกิน อาหาร ชา และกาแฟใน เวลาท้องว่าง
โรคเก๊าท์	24 คน	21(87.50%)	3(12.50%)	ไม่มี	โรคเก๊าท์ซื้อยากินได้ เองโดยไม่พบแพทย์	เน้นให้พบ แพทย์ทุกครั้ง

ผู้ป่วย	จำนวน	ดีมาก	ดี	พอใช้	คำถามข้อคะแนนต่ำสุด	ข้อเสนอแนะ
เด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี	24 คน	12(50%)	9(37.5%)	3(12.5%)	เด็กมีไข้สูงหนาวสั่นให้ ห่มผ้าหนา ๆ	เสี่ยงต่อการ เกิดไข้สูงชัก เน้นการเช็ดตัว ลดไข้และกิน ยาลดไข้

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่ได้จากงานวิจัยนี้กับบทความ/สยวิจัยอื่น ๆ ที่ผ่านมา

ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีโอเร็ม[11] ทำให้ผู้ป่วยและญาติสามารถดูแลตัวเองได้ 3 ระดับ ได้แก่ ความสามารถและคุณสมบัติขั้นพื้นฐานพลังความสามารถ 10 ประการ และความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อการดูแลตัวเองได้ และพยาบาลได้เรียนรู้วิธีการปฏิบัติการพยาบาลเพื่อปรับลดระหว่างความสามารถในการดูแลตัวเอง และความต้องการการดูแลตัวเอง 10 ประการ และกระบวนการวางแผนการจำหน่ายที่ดี ในกระบวนการการให้ความรู้ก่อนกลับบ้านจากผลการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ผู้ป่วยและญาติมีความรู้ในโรคที่ป่วยมากขึ้น และสามารถดูแลตัวเองที่บ้านได้ ลดการ Re-visit ภายใน 24 ชั่วโมง และ re-visit 7 วัน ได้เป็นอย่างดี

การพัฒนาระบบการดูแล ระบบบริการ การลดขั้นตอนให้ไร้รอยต่อ และพัฒนาศักยภาพ พัฒนาพฤติกรรมบริการของบุคลากร [12]

1) Seamless service พัฒนาระบบการให้บริการ 10 S ในการให้บริการ เพื่อให้ผู้รับบริการเกิดความประทับใจในการบริการ และพัฒนาเรื่องบริการให้ความรู้ก่อนจำหน่ายในกลุ่มโรคมากขึ้นโดยมีทีมสหวิชาชีพ มาดูแลร่วมกัน ผู้ป่วยประทับใจ และผู้ป่วยกลุ่มโรคเรื้อรัง

2) Seamless refer พัฒนาเครือข่ายระบบส่งการต่อผู้ป่วย ดูแลต่อเนื่อง เชื่อมต่อของสถานพยาบาลในทุกระดับ เพื่อลดรอยต่อภายในเครือข่ายและนอกเครือข่ายที่มีการส่งต่อผู้ป่วยไปรักษาต่อเนื่อง รวมทั้งการมีระบบฐานข้อมูลที่สามารถใช้ในการบริหารจัดการของเครือข่ายในภาพรวม รวมถึงการประสานงาน และรับผู้ป่วยผ่านช่องทาง 1669 และของกู้ชีพตำบล ในกรณีป่วยฉุกเฉิน มีภาวะแทรกซ้อน และให้นำส่งโรงพยาบาลทันที

3) Seamless experience พัฒนาความรู้ให้กับเจ้าหน้าที่ให้ specific competency พยาบาล แผนกผู้ป่วยนอก ให้มีความรู้ความสามารถในการให้บริการและให้ความรู้กับผู้ป่วย และพัฒนาเครือข่ายโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ 18 แห่ง ในการให้ความรู้เพื่อดูแลต่อเนื่องป้องกันไม่ให้เกิดภาวะแทรกซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลศรีสงคราม และหัวหน้ากลุ่มการพยาบาลที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกหน่วยงานที่ได้สละเวลาและมีส่วนร่วมในการทำแบบสอบถามและสัมภาษณ์เชิงลึกในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ป่วยและญาติผู้ป่วยที่สละเวลาตอบแบบสอบถามและให้สัมภาษณ์เชิงลึก รวมถึงขอบคุณบุคลากรในแผนกผู้ป่วยนอก ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทำแบบสอบถาม จนส่งผลให้การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- 1 หลัก DMETHOD. ทีมเยี่ยมบ้านโรงพยาบาลตากสินมหาราช. เผยแพร่ทาง <http://www.gotoknow.org/posts/54816>
- 2 ชัชวาล วงศ์สารี และ อรนนท์ หาญยุทธ (วันที่เข้าถึง : 14 พฤศจิกายน 2565). การใช้กระบวนการพยาบาลในการดูแลผู้ป่วยไตวายระยะสุดท้ายที่ฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม. สืบค้นจาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/policenurse/article/view/27835>
- 3 เวชระเบียนโรงพยาบาลศรีสงคราม (2559) อำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนม.
- 4 ปาริชาติ สถาปิตานนท์ และคณะ (2549) การสื่อสารแบบมีส่วนร่วมและการพัฒนาชุมชน : จากแนวคิดสู่ปฏิบัติการวิจัยในสังคมไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย : กรุงเทพฯ
- 5 Watson, Jean. (2008). Nursing: the philosophy and science of caring (revised edition). Caring in Nursing Classics: An Essential Resource. 243-264.
- 6 สำนักงานการพยาบาล (2550). มาตรฐานการพยาบาลในโรงพยาบาล. (พิมพ์ครั้งที่2). นนทบุรี: สำนักการพยาบาลกรมการแพทย์กระทรวงสาธารณสุข
- 7 สุรีย์ ธรรมมิกบวร (2554). การวางแผนจำหน่ายการปรับเปลี่ยนกระบวนการทัศน์. กรุงเทพมหานคร : บริษัทธนาเพลสจำกัด
- 8 กฤษดา แสงดี (2539). แนวทางการวางแผนจำหน่ายผู้ป่วย. กองการพยาบาลสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- 9 ปาริณช พรเจริญ (2558). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความพร้อมก่อนจำหน่ายออกจากโรงพยาบาลในผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวพัชรินทร์ ดำรงพิพัฒน์กุล และคณะ (สืบค้นวันที่ 19 ตุลาคม 2561). การพัฒนากระบวนการให้บริการผู้ป่วยนอก ฝ่ายเวชศาสตร์ฟื้นฟู. สืบค้นจาก <http://repository.li.mahidol.ac.th/dspace/bitstream/123456789/11213/1/gj-pc-patchari-2557>
- 10 สุจิตรา เหลืองอมรเลิศ, สุจิตรา ลี้อำนวยลาภ, อละวีพร เสนารักษ์ (2533). กระบวนการพยาบาลทฤษฎีและการนำไปใช้. ขอนแก่น. ขอนแก่นการพิมพ์
- 11 Orem, D.E. (1995) Nursing Concepts of Practice. 5th Edition, Mosby, Boston.
- 12 เกียรติขจร โฆมานะสิน (2550). ระบบการผลิตแบบลีน-การจัดการกระบวนการที่เป็นเลิศ. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.

บทความวิจัย (Research Article)

การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและพื้นที่ของความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าและกระแสไฟฟ้า
สูงสุดของลำฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

Seasonal and Regional Dependence of Cloud-to-Ground Lightning Density
and Return Stroke Peak Current over Thailand

กิตติณพัตน์ บรรดลนพรัตน์^{1*}, จันทร์เพ็ญ ไพรแก่น², จรัส บุญธรรม¹, มรกต พุทธกาล² และ ณัฐพร อาริรัชชกุล³
Kittanapat Bandholnopparat^{1*}, Chanphen Prikaen², Charud Bunyatunma¹, Moragote Buddhakala²
and Nathaporn Areerachakul³

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

³สาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

¹Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

²Department of Applied Physics, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

³Safety Technology and Occupational Health Program, Faculty of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat
University

*Corresponding author email: Kittanapat_ba@rmutt.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)

3 ตุลาคม 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

24 มกราคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

24 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

ฟ้าผ่าทั้งแบบ Negative Cloud to Ground หรือ -CG และ Positive Cloud to Ground หรือ +CG ทั้งหมด 67,921 ครั้ง ที่เกิดในประเทศไทยในช่วงเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2560 ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 ที่ได้จากเครือข่ายตรวจจับฟ้าผ่า World Wide Lightning Location Network หรือ WWLLN ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและพื้นที่ของความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าและกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทย จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าบริเวณที่เกิดฟ้าผ่าสูงที่สุด คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าอยู่ที่ 50 ครั้งต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ส่วนบริเวณที่เกิดฟ้าผ่น้อยที่สุดจะอยู่บริเวณภาคเหนือตอนบนซึ่งความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่น้อยกว่า 5 ครั้งต่อตารางกิโลเมตรต่อปี และเมื่อพิจารณาการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละช่วงของปีพบว่าฟ้าผ่าเกิดขึ้นมากที่สุดในประเทศไทยระหว่างช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งในช่วงดังกล่าวจะมีฟ้าผ่าเกิดขึ้น 1.2 ครั้ง ทุก ๆ หนึ่งนาที่ ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่ามีค่าตั้งแต่ 10kA ถึง 150 kA โดยค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าทั่วประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 61.1 kA

คำสำคัญ: ฟ้าผ่า, ความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่า, กระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่า

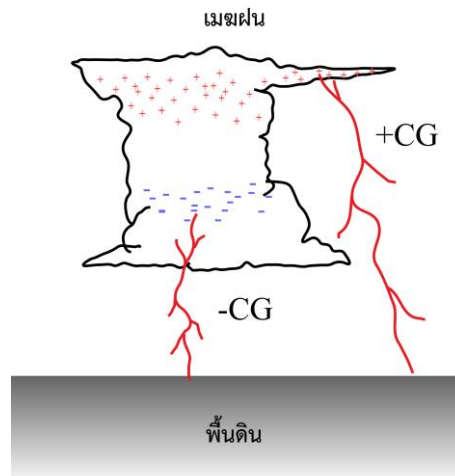
Abstract

Negative and Positive Cloud-to-Ground lightning flashes 67,921 events obtained by World Wide Lightning Location Network (WWLLN) between January 2017 and December 2019 were used to study the seasonal and regional dependence of CG flash density and return stroke peak current over Thailand. We found that the highest CG flash density occurs in eastern Thailand. The CG flash density over this area is higher than 50 flashes/square kilometers/year, especially between March and May, CG flash occurs 1.2 events every minute. However, over northern Thailand, the CG flash density is less than 5 flashes/square kilometers/year. It is also found that the return stroke peak current of CG lightning over Thailand varies from 10kA – 150kA with an average value of 61.1 kA.

Keywords: lightning; flashes density; return stroke peak current

บทนำ

ฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าระหว่างเมฆฝนกับพื้นดินโดยอัตราการเกิดฟ้าผ่าทั่วโลกจะอยู่ที่ 10 ครั้งต่อวินาที หรือคิดเป็น 300 ล้านครั้งต่อปี ซึ่งถ้าหากคำนวณออกมาเป็นจำนวนครั้ง/ตร.กม./ปี จะพบว่าทุก ๆ พื้นที่หนึ่งตารางกิโลเมตรจะเกิดฟ้าผ่า 1.5 ครั้งต่อปี [1] อย่างไรก็ตามค่านี้เป็นเพียงค่าเฉลี่ยเท่านั้นหากพิจารณาเป็นรายพื้นที่จะพบว่าอัตราการเกิดฟ้าผ่าของแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกันออกไป เช่น บริเวณตอนกลางของทวีปแอฟริกาอาจจะมีอัตราการเกิดฟ้าผ่าสูงถึง 80 ครั้ง/ตร.กม./ปี แต่ในบางพื้นที่เช่นขั้วโลกเหนือหรือขั้วโลกใต้อาจจะไม่มีการเกิดฟ้าผ่าเลย [2, 3]



ภาพที่ 1: การเกิดฟ้าผ่าแบบ -CG และ +CG

ฟ้าผ่ามีรูปแบบหลัก ๆ 2 แบบ คือ ฟ้าผ่าที่เกิดการถ่ายเทประจุลบจากบริเวณด้านล่างของเมฆฝนสู่พื้นดิน หรือ Negative Cloud-to-Ground Lightning (-CG) และ ฟ้าผ่าที่เกิดการถ่ายเทประจุบวกจากบริเวณด้านบนของเมฆฝนสู่พื้นดิน หรือ Positive Cloud-to-Ground Lightning (+CG) ดังแสดงในภาพที่ 1 ประกติแล้วการเกิดฟ้าผ่าจะเป็นแบบ -CG ซึ่งจะคิดเป็นร้อยละ 90 ของฟ้าผ่าที่เกิดบนโลก [4] ฟ้าผ่าเป็นกระบวนการที่รักษาสสมดุลของประจุไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าในชั้น

บรรยากาศโลก [5] และยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงความแปรปรวนของสภาพอากาศ เช่น ฝนตกหนัก พายุลูกเห็บ พายุทอร์นาโด เป็นต้น [6,7] รวมทั้งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ [8] ดังนั้นจึงมีการศึกษาฟ้าผ่าโดยวิเคราะห์ภาพถ่ายการเกิดฟ้าผ่า [9,10] คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากฟ้าผ่าโดยใช้สถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน [11,12,13,14] และการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศของฟ้าผ่าทั้งจากเครื่องบินและดาวเทียม เป็นต้น [15,16]

ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยสภาพอากาศแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู คือฤดูร้อนจะเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนจะเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมและฤดูหนาวจะเริ่มระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าโดยเฉลี่ยทั่วประเทศอยู่ที่ 20 ครั้ง/ตร.กม./ปี โดยจะเกิดฟ้าผ่ามากที่สุดในช่วงฤดูฝนและน้อยสุดในช่วงฤดูหนาว [17,18] โดยความแตกต่างของอัตราการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละฤดูกาลนั้นสัมพันธ์กับการไหลของมวลขึ้นไปในแนวตั้งภายในเมฆฝนหรือเมฆคิวมูโลนิมบัส ในฤดูร้อนซึ่งพื้นดินที่มีอุณหภูมิสูงเนื่องจากได้รับพลังงานจากแสงดวงอาทิตย์มากกว่าฤดูอื่น จึงทำให้การไหลของอากาศขึ้นไปในแนวตั้งมีอัตราการไหลที่เร็วและสูง เป็นผลให้อัตราการเกิดประจุไฟฟ้าภายในก้อนเมฆที่เกิดจากการเสียดสีของหยดน้ำและน้ำแข็งมีจำนวนมาก ทำให้เมฆฝนในฤดูร้อนมีจำนวนประจุไฟฟ้าสะสมเป็นจำนวนมากจึงเป็นผลให้เกิดฟ้าผ่าได้มากกว่าฤดูกาลอื่น อย่างไรก็ตามในฤดูหนาว พื้นดินที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าฤดูอื่นเนื่องจากได้รับพลังงานจากแสงดวงอาทิตย์น้อยกว่าฤดูอื่น จึงทำให้การไหลของอากาศขึ้นไปในแนวตั้งมีอัตราการไหลที่ช้า ทำให้อัตราการเกิดประจุไฟฟ้ามีจำนวนน้อยทำให้ประจุไฟฟ้าที่สะสมในก้อนเมฆมีน้อยตาม และผลที่ตามมาคือทำให้เกิดฟ้าผ่าได้น้อยกว่าฤดูกาลอื่น [19]

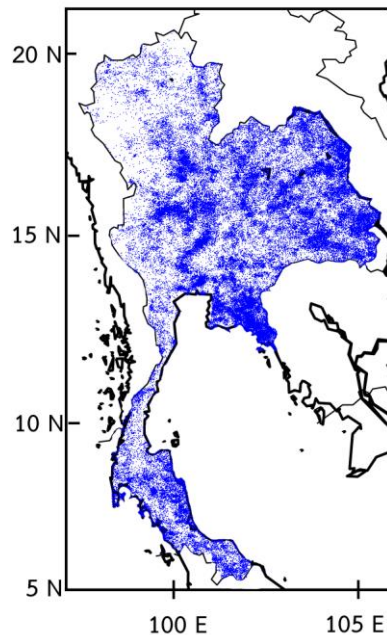
การเกิดฟ้าผ่าแต่ละครั้งนั้นจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้คน อย่างไรก็ตามการศึกษากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและพื้นที่ของการเกิดฟ้าผ่าและกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าในประเทศไทยยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อนและประเทศไทยยังตั้งอยู่ระหว่างมหาสมุทรอินเดียและทะเลจีนใต้ ทำให้ได้รับผลกระทบจากทั้งลมพายุที่พัดมาจากทั้งสองมหาสมุทรซึ่งทำให้เกิดฝนตกตลอดทั้งปี โดยเฉพาะภาคใต้ของประเทศไทยจึงทำให้การกระจายตัวของการเกิดฟ้าผ่าในประเทศไทยมีลักษณะจำเพาะและแตกต่างจากภูมิภาคอื่นของโลก ดังนั้นแล้วการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและพื้นที่ของการเกิดฟ้าผ่าและกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่า (Return Stroke Peak Current) ในประเทศไทย จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนในการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างที่มีความสูงมาก ๆ เช่น อาคารสูง เสาส่งสัญญาณวิทยุและโทรทัศน์ เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินอันเกิดจากฟ้าผ่า นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลฟ้าผ่าที่ได้มาเป็นเครื่องมือในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศของประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าและกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าตามการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลและพื้นที่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ฟ้าผ่าทั้งหมด 67,921 ครั้งที่เกิดขึ้นในพื้นที่ประเทศไทย ระหว่างเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2560 ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 โดยตำแหน่งการเกิดของฟ้าผ่าทั้งหมดแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2: ตำแหน่งของการเกิดฟ้าผ่า 67,921 ครั้ง ที่ใช้ในการคำนวณหาความหนาแน่นการเกิดฟ้าผ่าและกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่า

ส่วนข้อมูลเชิงพิกัด, ชนิดของฟ้าผ่า และกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าที่ถูกนำมาวิเคราะห์ได้มาจากเครือข่ายตรวจวัดฟ้าผ่า WWLLN โดยเครือข่ายตรวจวัดฟ้าผ่านี้สามารถตรวจจับพิกัดและกระแสของฟ้าผ่าทั่วโลก โดยใช้เทคนิค Time of Arrival หรือ TOA และ Magnetic Direction Finding หรือ MDF [20,21] โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับฟ้าผ่ารุ่น LS200 ทั้งหมด 60 ตัว ที่กระจายอยู่ทั่วโลก โดยพิกัดของเหตุการณ์ฟ้าผ่าที่ถูกตรวจจับโดยเครือข่าย WWLLN จะมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 10 กิโลเมตร และประสิทธิภาพของการตรวจวัดเหตุการณ์ฟ้าผ่าของ WWLLN บริเวณประเทศไทยจะอยู่ที่ร้อยละ 30 [22,23]

จากนั้นข้อมูลฟ้าผ่าจะถูกแบ่งออกตามพื้นที่ขนาด $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ตามแนวเส้นรุ้ง-เส้นแวง เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าโดยใช้สมการที่ (1)

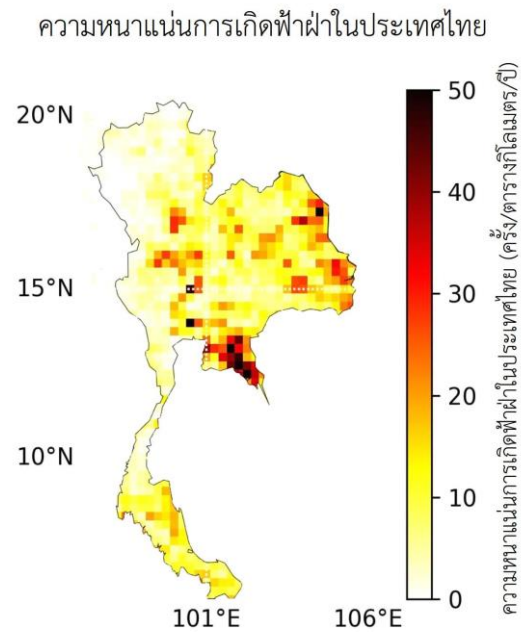
$$f_D = \frac{N_f}{A} \quad (1)$$

เมื่อ f_D คือ ความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่า (ครั้ง/ตร.กม./ปี), N_f คือจำนวนการเกิดฟ้าผ่าในพื้นที่ที่พิจารณาในรอบหนึ่งปี และ A คือขนาดพื้นที่ที่พิจารณา (ตร.กม.) หลังจากนั้นข้อมูลของลำกระแสไฟฟ้าสูงสุดของฟ้าผ่าแต่ละเหตุการณ์จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ยและหาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและพื้นที่

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

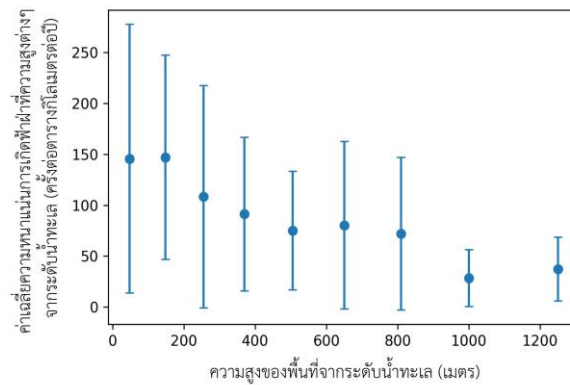
การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละฤดูกาล

ภาพที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าบนพื้นที่ของประเทศไทยในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา โดยในแผนภาพจะแสดงค่าความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าในพื้นที่ขนาด 10 ตร.กม.

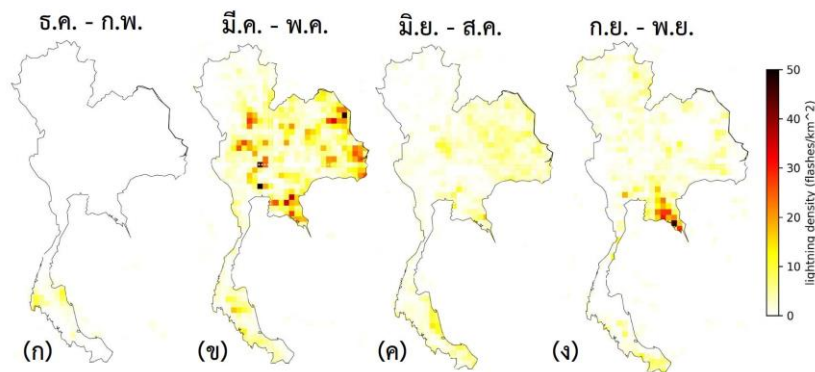


ภาพที่ 3: ความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าระหว่างเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2560 ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562

จากภาพที่ 3 จะเห็นว่าพื้นที่ที่มีอัตราความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าสูงจะอยู่ที่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและบริเวณรอยต่อระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐประชาชนลาว ซึ่งมีความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าสูงถึง 50 ครั้ง/ตร.กม./ปี ส่วนบริเวณที่เกิดฟ้าผ้าน้อยที่สุดจะอยู่บริเวณภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันตกไปจนถึงภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย ซึ่งความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ้าน้อยกว่า 5 ครั้ง/ตร.กม./ปี โดยความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่นั้นเกิดจากหลาย ๆ สาเหตุ เช่น ความสูงของพื้นที่ ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กในอากาศ เป็นต้น [24,25,26] ซึ่งเมื่อพิจารณา ตามภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่ามีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับความสูงของพื้นที่ โดยพบว่าความหนาแน่นการเกิดฟ้าผ่ามีค่าสูงในบริเวณพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำน้อย ๆ มากกว่าพื้นที่บริเวณที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ โดยความเป็นไปได้อาจเนื่องมาจากการที่อากาศที่มีความชื้นซึ่งเป็นต้นกำเนิดของเมฆฝนเคลื่อนที่มาเจอกับภูเขา ทำให้อากาศเกิดการยกตัวขึ้นในชั้นบรรยากาศและก่อตัวเป็นเมฆฝนด้านหน้าภูเขา จึงทำให้เกิดฝนตกและฟ้าผ่าบริเวณพื้นที่ราบหน้าภูเขา มากกว่าบริเวณพื้นที่สูง ๆ เช่นบนภูเขา หรือยอดเขา

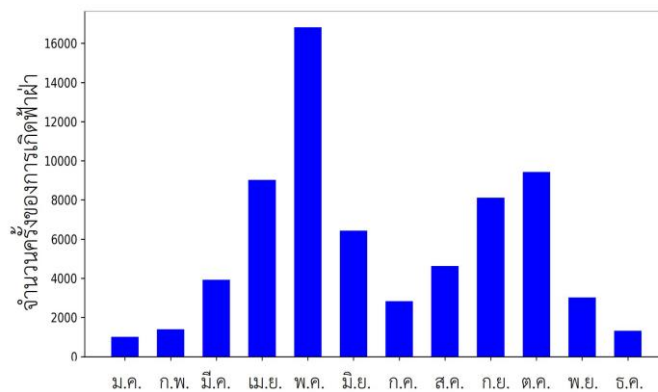


ภาพที่ 4: ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่ากับความสูงจากระดับน้ำทะเลของแต่ละพื้นที่



ภาพที่ 5: ความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าในช่วง (ก) ธันวาคม-กุมภาพันธ์, (ข) มีนาคม-พฤษภาคม, (ค) มิถุนายน-สิงหาคม และ (ง) กันยายน-พฤศจิกายน

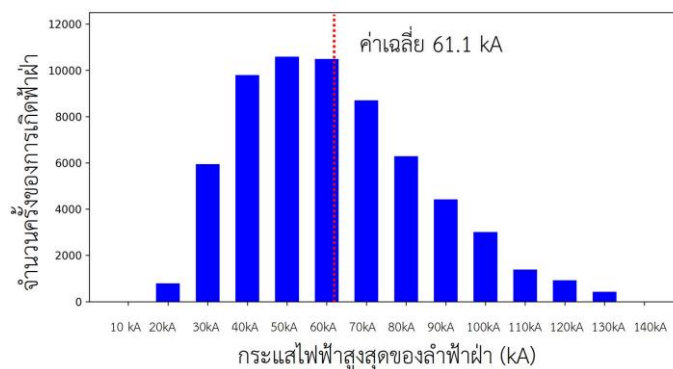
ความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่า ในช่วงมกราคม ปี พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม ปี พ.ศ.2562 โดยแยกตามแต่ละช่วงของปีแสดงให้เห็นในภาพที่ 5 จะเห็นว่าฟ้าผ่าเกิดขึ้นมากที่สุดในประเทศไทยระหว่างช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมพบว่าจำนวนการเกิดฟ้าผ่าในประเทศไทยมีจำนวน 29,759 ครั้ง หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยจะเกิดฟ้าผ่า 13.5 ครั้งในทุก ๆ ชั่วโมง ในช่วงเวลาดังกล่าว แต่ช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์จะเกิดฟ้าผ่น้อยที่สุด โดยจะเกิดฟ้าผ่าบริเวณภาคใต้ตอนล่างทั้งบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน โดยในช่วงเวลาดังกล่าวมีจำนวนการเกิดฟ้าผ่าเพียง 3,715 ครั้ง หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดฟ้าผ่าเพียงแค่ 1.7 ครั้งในทุก ๆ ชั่วโมง



ภาพที่ 6: จำนวนครั้งการเกิดฟ้าผ่าบนพื้นที่ของประเทศไทยในแต่ละเดือนในช่วง ปี พ.ศ. 2560 ถึง ปี พ.ศ.2562

กระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าที่เกิดในประเทศไทย

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าและจำนวนครั้งการเกิดของฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทยแสดงให้เห็นในภาพที่ 7



ภาพที่ 7: จำนวนครั้งของการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละค่าของขนาดกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่า

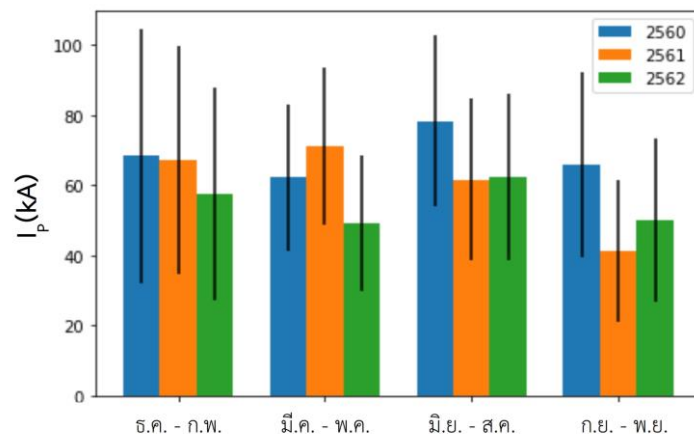
ในช่วงมกราคม ปี พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม ปี พ.ศ.2562

จากการศึกษาพบว่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าของฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นในไทย จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 61.1 kA โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 34.2 kA และกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่ามีค่าอยู่ระหว่าง 10kA ไปจนถึง 150kA นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายนถึง 11.4 kA อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้จะไม่รวมฟ้าผ่าที่มีกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ้าน้อยกว่า 10 kA เนื่องจากกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าในช่วงนี้อาจจะเกิดจากฟ้าผ่าแบบที่เกิดภายในก้อนเมฆ หรือฟ้าผ่าแบบ IC

ตารางที่ 1: ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลัมฟาผ่าในแต่ละช่วงของปี

เดือน	จำนวนครั้งของการเกิดฟ้าผ่า (ครั้ง)	ค่าเฉลี่ยของ I_p (kA)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ธ.ค. - ก.พ.	3,175	61.9	39.6
มี.ค. - พ.ค.	29,759	66.5	24.2
มิ.ย. - ส.ค.	13,893	65.9	22.6
ก.ย. - พ.ย.	21,094	45.1	21.4

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลัมฟาผ่ากับช่วงเวลาในแต่ละช่วงของปีดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งแบ่งเป็นช่วง 1.) มกราคม, ธันวาคมและกุมภาพันธ์ 2.) มีนาคม, เมษายน และพฤษภาคม 3.) มิถุนายน, กรกฎาคม และสิงหาคม 4.) กันยายน, ตุลาคม และพฤศจิกายน จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลัมฟาผ่าไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับฤดูกาล โดยพบว่าการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละฤดูนั้นกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลัมฟาผ่า มีค่าเป็นไปได้ตั้งแต่ 10 kA ไปจนถึง 150kA



ภาพที่ 8: การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลัมฟาผ่าแต่ละช่วงปี
ของปี พ.ศ. 2560, 2561 และ 2562

สรุปผล

โดยการใช้ข้อมูลเชิงพิกัดและลำกระแสไฟฟ้าสูงสุดของฟ้าผ่าจากเครือข่าย WWLLN ผู้วิจัยได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและพื้นที่ของความหนาแน่นการเกิดฟ้าผ่าและกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลัมฟาผ่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ซึ่งพบว่าความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละบริเวณของประเทศไทยมีขนาดแตกต่างกันไป โดยบริเวณที่เกิดฟ้าผ้าน้อยจะอยู่บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ้าน้อยกว่า 5 ครั้ง/ตร.กม./ปี ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีความหนาแน่นของการเกิดฟ้าผ่าถึง 50 ครั้ง/ตร.กม./ปี ซึ่งถือว่าเป็นบริเวณที่เกิดฟ้าผ่าต่อตาราง

กิโลเมตรต่อปีสูงสุด และเมื่อพิจารณาการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละช่วงของปีพบว่าฟ้าผ่าเกิดขึ้นมากที่สุดในประเทศไทยระหว่างช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมโดยจะเกิดฟ้าผ่าเกิดขึ้น 324.7 ครั้งในทุก ๆ วัน แต่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์นั้นจะเกิดฟ้าผ่น้อยมากและจะเกิดมากบริเวณภาคใต้ของไทยโดยจะเกิดฟ้าผ่า 40.8 ครั้งต่อวัน นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่า พบว่าค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่าทั่วประเทศไทยจะอยู่ที่ 61.1 kA อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลฟ้าผ่าในช่วงปี พ.ศ.2560 ถึง พ.ศ.2562 ซึ่งเป็นข้อมูลเมื่อ 4-6 ปีที่ผ่านมา ซึ่งในขณะนั้นประเทศไทยได้รับผลกระทบทั้งปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ดังนั้นการเกิดฟ้าผ่าตั้งแต่ปี พ.ศ.2563 จนถึงปัจจุบันและในอนาคตอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปทั้งในแง่ของจำนวนครั้งการเกิดและความรุนแรง (กระแสไฟฟ้าสูงสุดของลำฟ้าผ่า) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ถือว่าเป็นพื้นฐานเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะการเกิดฟ้าผ่าในแต่ละพื้นที่และฤดูของประเทศไทยซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาด้านฟ้าผ่าต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเครือข่ายตรวจจับฟ้าผ่า World Wide Lightning Location Network (wwln.net) ที่ได้จัดเตรียมข้อมูลฟ้าผ่าที่ใช้ในการทดลองนี้ หากท่านสนใจและต้องการใช้งานข้อมูลฟ้าผ่าสามารถติดต่อใช้ข้อมูลได้ที่ Professor Robert Holzworth ผู้อำนวยการของ World Wide Lightning Location Network ทางอีเมล bobholz@washington.edu

เอกสารอ้างอิง

- 1 Christian H, Blakeslee R, Boccippio D, Boeck W, Buechler D, Driscoll K, et al. Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the optical transient detector. 2003; Journal of Geophysical Research. 108(1): 4-15. doi:10.1029/2002JD002347.
- 2 Sato M, Fukunishi H, Kikuchi M, Yamagishi H, Lyons W. Validation of sprite-inducing cloud-to-ground lightning based on elf observations at syowa station in antarctica. 2003; Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 65(5): 607–614. doi:10.1016/S1364-6826(02)00327-9.
- 3 Bandholnopparat K, Sato M, Adachi T, Ushio T, Takahashi Y. Estimation of the IC to CG ratio using JEM-GLIMS and ground-based lightning network data. 2020; Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 125(23): 1-14. doi:10.1029/2019JD032195.
- 4 Rycroft M, Israelsson S, Price C. The global atmospheric electric circuit, solar activity and climate change. 2000; Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 62(17): 1563–1576. doi:10.1016/S13646826(00)00112-7.
- 5 Rycroft M, Odzimek A, Arnold N, Füllekrug M, Kulak A, Neubert T. New model simulations of the global atmospheric electric circuit driven by thunderstorms and electrified shower clouds: The roles of lightning and sprites. 2007; Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics. 69(17): 2485–2509. doi:10.1016/j.jastp.2007.09.004.

- 6 Williams E, Boldi B, Matlin A, Weber M, Hodanish S, Sharp D, et al. The behavior of total lightning activity in severe florida thunderstorms. 1999; *Atmospheric Research*, 51(34): 245-265. doi:265.10.1016/S01698095(99)00011-3.
- 7 Rakov V, Uman M, Raizer Y. *Lightning: Physics and effects*. 5th ed. New York, NY: Cambridge University Press, 2004.
- 8 Pickering E, Wang Y, Tao K, Price C, Müller F. Vertical distributions of lightning nox for use in regional and global chemical transport models. 1998; *Journal of Geophysical Research*. 1033(23): 203–216. doi:10.1029/98JD02651.
- 9 Ballarotti G, Saba F, Pinto O. High-speed camera observations of negative ground flashes on a millisecond-scale, 2005; *Geophysical Research Letters*, 32(23): 1-4. doi:10.1029/2005GL023889.
- 10 Adachi T, Sato M, Ushio T, Yamazaki A, Suzuki M, Kikuchi M, et al. Identifying the occurrence of lightning and transient luminous events by nadir spectrophotometric observation. 2016; *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 145(1): 85–97. doi:10.1016/j.jastp.2016.04.010.
- 11 Cummins K, Cramer J, Biagi C, Krider E, Jerauld J, Uman M, et al. The U.S. national lightning detection network: Post-upgrade status: In: 86th AMS Annual Meeting, 2006 Jan 27; Atlanta.
- 12 Dowden R, Brundell J, Rodger C. Vlf lightning location by time of group arrival (toga) at multiple sites. 2002; *Journal of Atmospheric and Solar- Terrestrial Physics*. 64(7):817–830. doi:10.1016/S1364-6826(02)00085-8.
- 13 Hutchins L, Holzworth H, Brundell B, Rodger J. Relative detection efficiency of the World Wide Lightning Location Network. 2012; *Radio Sci*. 47(6): 1-9. doi:10.1029/2012RS005049.
- 14 López A, Montanyà J, Van Der Velde O, Romero D, Aranguren H, Torres H, et al. First data of the colombia lightning mapping array - colma. 2016; *Proceeding of the 33rd International Conference on Lightning Protection*, 2016 October 16-21; Estoril.
- 15 Boccippio D, Cummins K, Christian H, Goodman S. Combined satellite and surface-based estimation of the intracloud/ cloud-to-ground lightning ratio over the continental united states. 1999; *Monthly Weather Review*, 129(1): 108-122. doi:10.1175/1520-0493(2001)129<0108:CSASBE>2.0.CO;2.
- 16 Cecil J, Buechler D, Blakeslee R. Gridded lightning climatology from trmm-lis and otd: dataset description. 2013; *Atmospheric Research*, 135(1): 404-414. dooi:10.1016/j.atmosres.2012.06.028.
- 17 Buechler D, Driscoll K, Goodman S, Christian H. Lightning activity within a tornadic thunderstorm observed by the optical transient detector (otd). 2000; *Geophysical Research Letters*. 27(15): 2253-2256. doi:10.1029/2000GL011579.

- 18 Koshak J. Optical characteristics of otd flashes and the implications for flash-type discrimination. 2010; Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 27(11): 1822–1838. doi: 10.1175/2010JTECHA1405.1.
- 19 Blakeslee R, Mach D, Bateman M, Bailey J, Seasonal variations in the lightning diurnal cycle and implications for the global electric circuit. 2014; Atmospheric Research, (135–136): 228-243. doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.09.023.
- 20 Sato M, Fukunishi H, Kikuchi M, Yamagishi H, Lyons W. Validation of sprite-inducing cloud-to-ground lightning based on elf observations at syowa station in antarctica. 2003; Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 65(5): 607–614. doi:10.1016/S1364-6826(02)00327-9.
- 21 Rodger C, Brundell J, Holzworth R, Lay E. Growing detection efficiency of the world wide lightning location network. 2009; AIP Conference Proceedings. 47(6): 1-9 .doi:10.1063/1.3137706.
- 22 Abarca S, Corbosiero K, Galarneau T. An evaluation of the world wide lightning location network (wwlln) using the national lightning detection network (nldn) as ground truth. 2010; Journal of Geophysical Research. 115(18): 1-11. doi:10.1029/2009JD013411.
- 23 Nag A, Mallick S, Rakov V, Howard J, Biagi C, Hill J, et al. Evaluation of u.s. national lightning detection network performance characteristics using rocket-triggered lightning data acquired in 2004–2009. 2011; Journal of Geophysical Research, 116(2): 1-8. doi:10.1029/2010JD014929.
- 24 Stolzenburg M, Rust W, Marshall T. Electrical structure in thunderstorm convective regions 2. isolated storms. 1998; Journal of Geophysical Research. 103(12):14079–14096. doi:10.1029/97JD03546.
- 25 Stolzenburg M, Rust W, Marshall T. Electrical structure in thunderstorm convective regions 3. synthesis. 1998; Journal of Geophysical Research, 103(12):14097–14108. doi:10.1029/97JD03547.
- 26 Stolzenburg M, Rust W, Smull B, Marshall T. Electrical structure in thunderstorm convective regions mesoscale convective systems. 1998; Journal of Geophysical Research, 103(12): 14059–14078. doi:10.1029/97JD03545.

บทความวิจัย (Research article)

ผลของสัดส่วนความต่างของแกลบและโฟมพอลิสไตรีนต่อความสามารถในการดูดความชื้น
ของแผ่นพื้นคอนกรีตน้ำหนักเบา

The Influence in Ratio of Rice Husk and Polystyrene Foam on the
Dehumidifying Absorbability of Lightweight Concrete Slab

ศุภกิจ เสิกศิริ¹ อามินท์ หล้าวงศ์^{1*} ไทยทัศน์ สุดสวนสี¹ และ ราชนัย วงศ์ทวี¹

Supakit Sergsiri¹, Amin Lawong^{1*}, Thaitat Sudsuansee¹ and Rachan VongtaVee¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

¹Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

*Corresponding author email: amin.la@ksu.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)

26 มีนาคม 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

7 มกราคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

25 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบาด้วยการใช้วัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมและทางการเกษตร ได้แก่ โฟมพอลิสไตรีน และแกลบ ผสมปูนซีเมนต์เพื่อผลิตเป็นคอนกรีตน้ำหนักเบา โดยหล่อขึ้นรูปเป็นแผ่นคอนกรีตสำหรับตากข้าวเปลือกและแผ่นทดสอบขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร และ 5 x 5 x 5 เซนติเมตร ซึ่งทำการทดสอบความหนาแน่น การทดสอบความสามารถดูดความชื้น การทดสอบความต้านทานแรงอัด และใช้การวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติ และนอกจากนั้นยังทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตแผ่นคอนกรีต จากผลการทดลองพบว่าแผ่นคอนกรีตที่มีส่วนผสมปูนซีเมนต์:โฟมพอลิสไตรีน:แกลบในสัดส่วนที่ 3:1:1 3:2:0 และ 3:0:2 ทำให้แผ่นทดสอบมีน้ำหนักและความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น และสัดส่วนผสมของโฟมพอลิสไตรีนที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักของแผ่นคอนกรีตมีน้ำหนักลดลง โดยความสามารถในการดูดความชื้นของแผ่นทดสอบเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแกลบที่ผสมที่สัดส่วน 1:3:1 1:2:2 และ 1:1:3 ตามลำดับ ดังนั้นสัดส่วนที่เหมาะสมที่ทำให้แผ่นคอนกรีตมีน้ำหนักเบา คือสูตรที่ 2 มีสัดส่วน 1:2:2 (ปูนซีเมนต์:โฟมพอลิสไตรีน:แกลบ) ที่มีต้นทุนการผลิต 67.722 บาทต่อตารางเมตร

คำสำคัญ : คอนกรีตน้ำหนักเบา, แกลบ, โฟมพอลิสไตรีน, ดูดความชื้น

Abstract

This research aimed to study the properties of lightweight concrete slabs using industrial and agricultural waste materials such as polystyrene foam and rice husk. Cement is mixed to produce lightweight concrete by casting it into concrete slabs for drying paddy and test plates of 30 x 30 x 5 centimeters and 5 x 5 x 5 centimeters. Hygroscopicity Test The results of the experiment showed that the slabs containing cement: polystyrene foam: rice husk in the proportions of 3:1:1, 3:2:0, and 3:0:2 increased the weight and strength of the test slabs, and the increased proportion of polystyrene foam mixed proportions reduced the weight of the slabs. The hygroscopicity of the test strips increases with the amount of husk mixed at proportions of 1:3:1, 1:2:2, and 1:1:3, respectively. Therefore, the right proportion that makes the slab

lightweight is Formula 2, which is 1:2:2 (cement: polystyrene foam: rice husk) with a production cost of 67.722 baht per square meter.

Keywords: Lightweight concrete; Rice Husk; Polystyrene foam; Desiccant

บทนำ

คอนกรีตน้ำหนักเบา ถือเป็นวัสดุในงานก่อสร้างที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ปริมาณของการนำมาใช้ประโยชน์โดยถูกนำมาสร้างเป็นผนังอาคารได้รับแสงแดดตลอดทั้งวันนั้น เป็นทางเลือกที่สำคัญของงานก่อสร้าง เมื่อผนังที่สร้างด้วยคอนกรีตน้ำหนักเบามีความพรุนสูงทำให้การส่งผ่านความร้อนจากแสงแดดส่งตรงมาที่ผนังด้านในห้อง ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเปิดเครื่องปรับอากาศ แต่ทั้งนี้ในการพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตน้ำหนักเบา ผู้ผลิตมุ่งเน้นพัฒนาเทคนิคในการสร้างเป็นรูพรุนและพองอากาศภายในของเนื้อคอนกรีตที่เป็นลักษณะช่องว่างที่ไม่เชื่อมต่อกัน ซึ่งให้ผลที่น่าสนใจในการเกิดเป็นลักษณะที่เป็นอุปสรรคต่อการนำความร้อนภายในเนื้อคอนกรีตเอง เนื่องจากรูพรุนต่าง ๆ ในเนื้อคอนกรีตมีความไม่สม่ำเสมอและไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด อีกทั้งจำนวนและขนาดรูพรุนภายในเนื้อคอนกรีตยังส่งผลไปที่น้ำหนักของคอนกรีตอีกด้วย ส่งผลให้ลดภาระในงานโครงสร้างของอาคาร และมีต้นทุนในงานก่อสร้างที่ต่ำลง แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักวิจัยที่พยายามนำเอาวัสดุต่าง ๆ เข้ามาประกอบเพื่อลดภาระการใช้ปูนซีเมนต์และมุ่งเน้นหาวัสดุที่เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้น้ำหนักของคอนกรีตน้ำหนักเบา [1] พร้อมทั้งมีส่วนช่วยในการเสริมแรงให้กับคอนกรีต โดยกระบวนการสร้างโพรงอากาศ

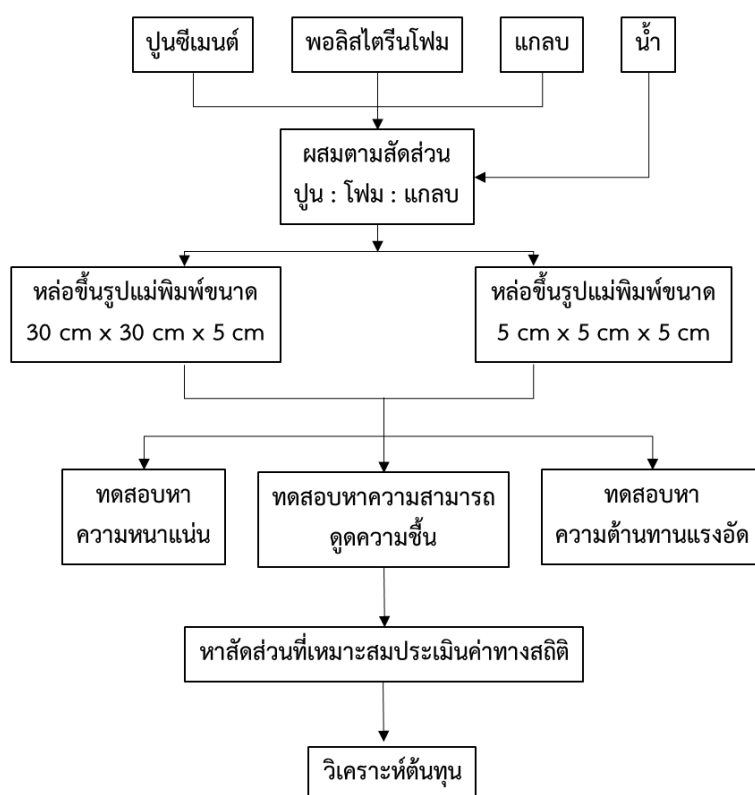
วัสดุที่นำมาผสมในคอนกรีตเพื่อลดน้ำหนักนั้น ในปัจจุบันได้มีนักวิจัยที่สนใจนำเอาวัสดุเหลือทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ภาชนะบรรจุกรรม และกากของทิ้งจากภาคอุตสาหกรรม ดังจะเห็นได้จากการใช้แก้วกลบที่ได้จากการเผาไหม้ชุดกำเนิดไอน้ำมาผสมลงในคอนกรีตเพื่อลดปริมาณของปูนซีเมนต์ลง ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มสมบัติทางกลและความคงทน [2] ต่อคอนกรีตน้ำหนักเบา อีกทั้งยังช่วยต้นทุนการผลิตคอนกรีตน้ำหนักเบาลดลงอีกด้วย [3] และนอกจากนั้นยังพบว่ามีงานวิจัยที่นำเอาเปลือกไข่ที่ได้จากโรงไฟฟ้ามาผสมในคอนกรีตอีกด้วย [4] แต่อย่างไรก็ตามการเข้าถึงคอนกรีตน้ำหนักเบาของคนส่วนใหญ่ยังต้องอยู่ภายใต้ปัจจัยที่ต้องใช้เงินทุนที่สูง นักวิจัยยังให้ความสนใจกับการใช้แก้วกลบที่เป็นวัสดุที่มีพบในท้องถิ่นที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อทดแทนปริมาณของปูนซีเมนต์ โดยที่สัดส่วนที่ใช้ในการศึกษามากถึง ร้อยละ 20 ของการทดแทนปูนซีเมนต์ในคอนกรีตน้ำหนักเบา โดยให้ชื่อที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมคือ กรีนคอนกรีต เพื่ออาคารสีเขียว [4] ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้นำแนวคิดในการผสมวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ แก้วกลบและวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมได้แก่ พอลิสไตรีนโฟม ผสมลงไปในคอนกรีตเพื่อเป็นวัสดุผสมรวม มุ่งเน้นสนใจไปยังสมบัติการดูดซึมน้ำและลดน้ำหนักของแผ่นคอนกรีต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Padhi และคณะ (2018) [5], ที่ได้ศึกษาการนำเอาแก้วกลบ และวัสดุจากธรรมชาติมาเป็นวัสดุผสมรวมที่ผสมในคอนกรีต ที่มีผลทำให้คอนกรีตนั้นมีความแข็งแรงเป็นที่ยอมรับได้ นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าคอนกรีตที่ได้มีความสามารถที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้เป็นอย่างดี และมีความพรุนของเนื้อคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นเมื่อผสมแก้วกลบและวัสดุผสมรวมธรรมชาติ ลงในคอนกรีต ดังกล่าวแล้วคอนกรีตที่ได้มีลักษณะที่โน้มเอียงไปในทิศทางของการประยุกต์ใช้ในลักษณะคอนกรีตน้ำหนักเบา (Pervious concrete) ที่นิยมนำมาใช้งานเพื่องานระบายน้ำท่วมขังบนผิวถนน [6] จากงานวิจัยที่ผ่านมาดังกล่าว ทีมผู้วิจัยมองเห็นช่องว่างและการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพื้นที่สำหรับเป็นลานตากในการลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการตากวัสดุการเกษตรบนลานต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาสัดส่วนของโฟมพอลิสไตรีนและแก้วกลบที่ผสมกับปูนซีเมนต์ โดยขึ้นรูปเป็นแผ่นคอนกรีต ทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการดูดความชื้นและน้ำหนักโดยรวม

วัสดุและวิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุในการทำวิจัย ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้วัสดุในงานวิจัยประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ชนิดงานโครงสร้าง ตามมาตรฐาน มอก.2594-2556 [7] และ ASTM C 1157 Type GU [8] ขนาดบรรจุ 50 กิโลกรัมต่อถุง โดยมีวัสดุมวลรวมพอลิسترินโฟมที่นำมาผสม เป็นวัสดุเหลือใช้จากการใช้งานแล้วนำมาบดย่อยให้มีขนาด 1-2 มิลลิเมตร และมีเกลบสดที่ได้จากการสีข้าวเปลือกที่ความชื้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 14 และไม่ผ่านการบดซ้ำ นำมาผสมและมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังแสดงในภาพที่ 1 โดยมีอัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์และวัสดุมวลรวม ผสมรวมคิดเป็นร้อยละ 100 โดยงานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนผสมระหว่าง ปูนซีเมนต์ : พอลิسترินโฟม : เกลบ โดยการขึ้นรูปเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและขึ้นรูปเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ทั้งนี้มีอัตราส่วนผสมของน้ำคิดเป็นร้อยละ 20 โดยรวม



ภาพที่ 1: ผังการดำเนินการวิจัยในการหล่อแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบา

2. วิธีการขึ้นรูปแผ่นทดสอบ การผสมปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่กำหนดในแผนการทดลองแบบ Mixture design โดยหล่อขึ้นรูปขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร และ 5 x 5 x 5 เซนติเมตรจำนวน 10 สูตร ที่มีอัตราส่วนของ ปูนซีเมนต์ : พอลิسترินโฟม : เกลบ และมีชิ้นงานจำนวนสูตรละ 3 ชิ้น ทั้งนี้รวมไปถึงสูตรอ้างอิงที่ใช้ปูนซีเมนต์ (STD) ที่ไม่ได้ผสมวัสดุมวลรวม ในการหล่อขึ้นรูปแผ่นคอนกรีต โดยในการทดลองครั้งนี้ศึกษาอายุการบ่มคอนกรีต 7 วัน และเมื่อแกะออกจากแบบหลังจากหล่อขึ้นรูปเสร็จภายใน 1 วันแล้วบ่มในอากาศทันที

3. การทดสอบสมบัติคอนกรีตบล็อก

3.1 การทดสอบหาความหนาแน่น เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งเมื่อวัสดุมีความหนาแน่นมากขึ้นส่งผลให้มวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรมีมากขึ้นตามไปด้วย [9] ค่าความหนาแน่นของวัสดุเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ดังแสดงในสมการที่ 1

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของวัสดุ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร) m คือมวลรวมของวัสดุ (กิโลกรัม) และ V คือปริมาตรโดยรวมของวัสดุ (ลูกบาศก์เดซิเมตร)

3.2 การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ เป็นการหาค่าการดูดซึมน้ำในคอนกรีตมวลเบาหรือคอนกรีตที่มีความพรุนตามมาตรฐาน ASTM C642 [10] เนื่องจากความพรุนของคอนกรีตนั้นส่งผลทำให้โครงสร้างของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างนั้นรับภาระมากขึ้นเกิดการอุ้มน้ำของผนังที่อาจจะมีความเสียหายจากสภาพอากาศที่มีฝนตกในช่วงฤดูฝน ซึ่งการทดสอบนั้นได้ทดสอบภายหลังจากหล่อแผ่นคอนกรีตในแบบทิ้งไว้ 7 วันนำมาอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วออกมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นจึงนำแผ่นคอนกรีตไปแช่น้ำจนท่วมเป็นเวลา 48 ชั่วโมงแล้วนำมาเช็ดให้หมาด นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งดังแสดงในสมการที่ 2

$$P = \frac{w_{sat} - w_{dry}}{w_{sat} - w_w} \times 100 \quad (2)$$

$$A = \frac{w_{sat} - w_{dry}}{w_{dry}} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ P คือร้อยละความพรุน (ร้อยละ) A คือร้อยละการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ) w_{sat} คือน้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (กรัม) w_{dry} คือน้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (กรัม) w_w คือน้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ (กรัม)

3.3 การทดสอบกำลังอัดคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนัก การทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C109M [11] โดยมีการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นคอนกรีตที่มีส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ พอลิسترินโฟม และกลบนั้น ในการทดลองนี้ได้หล่อชิ้นงานทดสอบที่มีขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร รูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ และคำนวณดังสมการที่ (4)

$$P = \frac{F}{A} \quad (4)$$

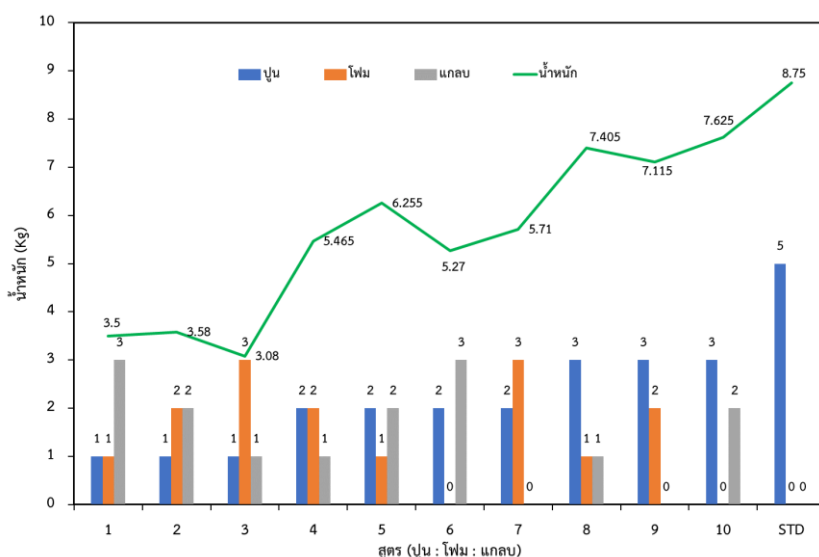
เมื่อ P คือกำลังอัด (ksc) F คือแรงอัด (kN) A คือพื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด (ตารางเซนติเมตร)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. สมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อก จากการทดลองพบว่าสัดส่วนของพอลิسترินโฟมที่เติมลงในส่วนผสมของคอนกรีต มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงและแปรผกผันกับค่าความแข็งแรงเป็นอย่างมากซึ่งสอดคล้องกับรมย์ธีรา จิตอารีย์ และคณะ [12] เป็นผลมาจากโฟมพอลิسترินเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ จึงทำให้สมบัติทางกลการต้านทานแรงอัดลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่ากำลังมีความเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับ ปูนซีเมนต์ : โฟม : กลบ ที่สูตร 3:0:2 ซึ่งมีกลบผสมอยู่ 2 ส่วนนั้นมีค่าความแข็งแรงต้านทานแรงกดที่สูงกว่า สูตร 3:2:0 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 108.445 และ 17.965 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับดังตารางที่ 1 ซึ่งกลบที่ผสมลงไปปูนซีเมนต์พละนั้น ทำหน้าที่ในการเสริมแรงเป็นผลทำให้คอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์สูงและปริมาณของกลบผสมสูง เสริมแรงไปในทิศทางเดียวกันสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา [13] นอกจากนี้แล้วการเพิ่มปริมาณของกลบและโฟมพอลิسترินลงไปเป็นส่วนสำคัญของคอนกรีตทำหน้าที่

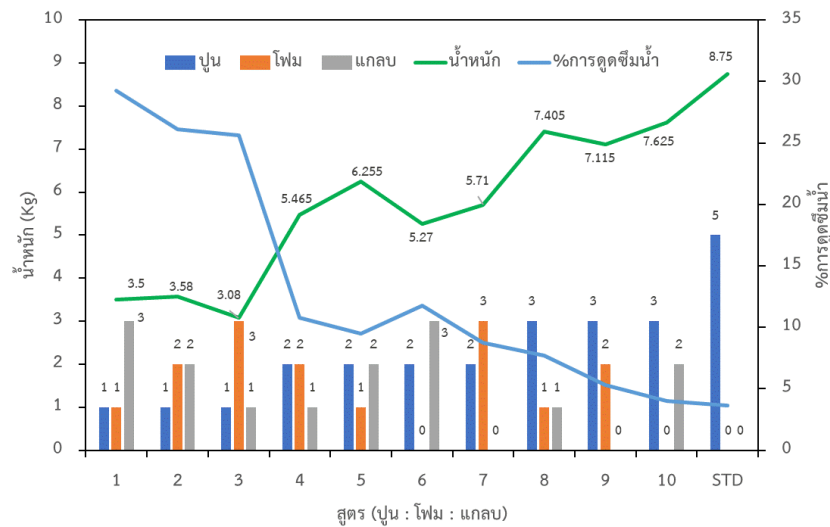
เป็นมวลหายาบเสริมแรงของคอนกรีตนั้น ทำให้ความหนาแน่นของแผ่นคอนกรีตที่ต่ำ มีลักษณะเป็นคอนกรีตเบา ดังแสดงในเห็นในสูตรที่ 1 ที่มีอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ต่อส่วนผสมแลบเท่ากับ 1:1:3 มีน้ำหนักของแผ่นคือ 3.5 กิโลกรัม และเมื่อจัดเรียงลำดับของความหนาแน่นที่มีผลต่อน้ำหนักแล้วพบว่าสูตรที่ 3 (1:3:1) สูตรที่ 1 (1:1:3) และสูตรที่ 2 (1:2:2) มีค่าความหนาแน่นคือ 0.6695 0.6822 และ 0.7412 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ตามลำดับ

2. ความพรุนและการดูดซึมน้ำ จากภาพที่ 3 การดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตทดสอบมีอัตราที่ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของปูนซีเมนต์ให้เพิ่มขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์ อย่างไรก็ตามอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบาพบว่าโฟมพอลิสไตรีนผสมเข้าไปในสัดส่วนของสูตรที่ 1 (1:1:3) สูตรที่ 2 (1:2:2) และสูตรที่ 3 (1:3:1) มีการดูดซึมน้ำคิดเป็นร้อยละ 29.28 26.12 และ 25.64 ตามลำดับ โฟมพอลิสไตรีนนั้นมีเนื้อวัสดุที่เป็นลักษณะ ช่องว่างและความพรุนสูง น้ำที่ซึมผ่านเข้าไป [14] จึงเข้าไปขังตัวอยู่ในช่องว่างเหล่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Allahverdi และคณะ [15] และผลของการเติมโฟมพอลิสไตรีนลงไปสูตรที่ 3 (1:3:1) ที่ให้ความหนาแน่นต่ำที่สุดแผ่นคอนกรีตน้ำหนักจึงมีน้ำหนักเบา สามารถลอยอยู่เหนือน้ำดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 2: สัดส่วนของโฟมพอลิสไตรีนที่มีผลต่อน้ำหนักของคอนกรีต

นอกจากนี้ยังพบว่าการกระจายตัวของโฟมพอลิสไตรีนและแกลบมีความสม่ำเสมอ และในสูตรที่ 4 5 และ 6 ที่มีปริมาณของปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เท่ากันนั้น แสดงให้เห็นถึงปริมาณของแกลบที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือสูตรที่ 6 (2:0:3) มีความสามารถดูดซึมน้ำได้มากร้อยละ 11.76 โดยไม่มีโฟมพอลิสไตรีนผสมอยู่ แกลบเป็นวัสดุอินทรีย์มีความพรุนสูงและประกอบด้วยเซลลูโลสมากมายซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตที่นำแกลบไปเป็นวัสดุดูดความชื้นในกระบวนการตากข้าวเปลือก [16] [17]



ภาพที่ 3: สัดส่วนของโฟมโพลีสไตรีนที่มีผลต่ออัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีต

ตารางที่ 1: ผลของการทดสอบสมบัติของแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบา

สูตรที่	ปูน	โฟม	แกลบ	แรงอัดสูงสุด kN	ระยะยุบ mm	น้ำหนัก kg	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	กำลังอัด ksc
1	1	1	3	2.753	3.4	3.5	29.28	10.667
2	1	2	2	2.295	5.97	3.58	26.12	9.065
3	1	3	1	2.059	5.6	3.08	25.64	8.133
4	2	2	1	5.63	2.8	5.465	10.79	22.238
5	2	1	2	9.801	2.03	6.255	9.51	38.714
6	2	0	3	22.34	2.4	5.27	11.76	8.824
7	2	3	0	3.206	1.1	5.71	8.76	12.663
8	3	1	1	11.679	2.67	7.405	7.7	46.132
9	3	2	0	4.548	2.27	7.115	5.27	17.965
10	3	0	2	27.454	2.57	7.625	4	108.445
STD	5	0	0	35.638	2.2	8.75	3.66	140.772

นอกจากนั้นแล้วแกลบยังมีความสามารถดูดซับความชื้นในอัตราที่สูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์และคณะ [18] และเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 6 และ 7 ได้เห็นข้อเปรียบเทียบที่ชัดเจนว่าโฟมโพลีสไตรีนในสัดส่วนที่เท่ากับแกลบนั้น ความสามารถในการดูดความชื้นของโฟมที่ผสมในคอนกรีตต่ำกว่าแกลบคือ ร้อยละ 11.76 และ 8.76 ตามลำดับ แต่ด้วยที่ทั้ง 2 สูตรนี้มีปริมาณการผสมของคอนกรีตที่สูงขึ้นจึงทำให้ น้ำหนักของแผ่นคอนกรีตนั้นมีน้ำหนักมากกว่า สูตร 1 ถึง 3 คือ 5.27 และ 5.17 กิโลกรัม ตามลำดับ จากความแตกต่างดังกล่าวโดยสรุปปริมาณของปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมหลักของคอนกรีต นอกจากทำหน้าที่เป็นตัวประสานของวัสดุมวลรวมแล้วยังเป็นวัสดุที่เพิ่มน้ำหนักให้กับคอนกรีตอีกด้วย อย่างไรก็ตามสัดส่วนนี้

ถึงแม้ให้ผลความหนาแน่นน้อยที่สุด [19] และน้ำหนักเบาที่สุดแต่ก็มีผลของการต้านทานแรงกดที่ต่ำที่สุดด้วยเช่นกัน เนื่องจากผงปูนซีเมนต์ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นส่วนที่รับแรงกระทำโดยตรงเมื่อเทียบกับสูตร STD ที่มีผงปูนซีเมนต์เต็มสัดส่วน



ภาพที่ 4: การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบา

3. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตแผ่นคอนกรีต จากที่ได้ทำการหล่อขึ้นรูปแผ่นคอนกรีตตัวอย่างเพื่อคำนวณต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยแผ่นคอนกรีตขนาด $30 \times 30 \times 5$ เซนติเมตร และพิจารณาจากสูตรในการขึ้นรูปเป็น สูตรที่ 2 ที่ผสม ปูนซีเมนต์ : เม็ดพอลิสไตรีนโฟม : แกลบ ที่มีสัดส่วน 1:2:2 พบว่าเมื่อนำต้นทุนของการซื้อเม็ดโฟมพลาสติกพอลิสไตรีน ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่อแผ่นสูงถึง 6.05 บาทต่อแผ่นดังแสดงในตารางที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเราสามารถหาพอลิสไตรีนโฟมที่เป็นเศษเหลือจากการใช้งาน ซึ่งจัดเป็นขยะเหลือใช้ก็ทำให้ต้นทุนในการจัดซื้อเม็ดโฟมใหม่นั้นลดลงเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 2: การคำนวณราคาวัสดุที่ใช้ในการผลิตแผ่นคอนกรีตตัวอย่าง

รายการ	ชนิดของวัสดุ			
	ปูนซีเมนต์	โฟม	แกลบ	น้ำ
อัตราส่วน	1	2	2	1
มวลน้ำหนัก	920 กรัม	20 กรัม	160 กรัม	281 กรัม
หาราคาต้นทุน	(0.0028×920) = 2.58 บาท	(0.14×20) = 2.80 บาท	(0.002×160) = 0.32 บาท	(0.00125×281) = 0.35 บาท
ราคาต้นทุนทั้งหมด	$2.58 + 2.80 + 0.32 + 0.35 = 6.05$ บาท/แผ่น			

สรุปผล

ในงานวิจัยนี้พบว่าแผ่นคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ในสัดส่วนที่มากกว่า 1 ส่วนมีผลทำให้น้ำหนักของแผ่นคอนกรีตมีน้ำหนักสูง ซึ่งกล่าวได้ว่าสัดส่วนของปูนซีเมนต์ในปริมาณที่มากส่งผลให้น้ำหนักของแผ่นคอนกรีตมากขึ้น แต่แผ่นคอนกรีตมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เม็ดพอลิสไตรีนโฟมที่มีขนาดใหญ่ส่งผลต่อการผสมและเทขึ้นรูปและมีความยุ่งยากต่อการขึ้นรูปให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยม เนื่องจากโฟมที่มีน้ำหนักเบาสามารถลอยตัวขึ้นมาบนผิวหน้าและไม่สามารถแทรกเข้าไปอยู่ในเนื้อคอนกรีต แต่อย่างไรก็ตามแกลบสดมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ดี ส่งผลให้แผ่นคอนกรีตมีความสามารถในการดูดความชื้นได้มากขึ้นตามสัดส่วนของแกลบที่ผสมเข้าไปในแผ่นคอนกรีต อีกทั้งยังมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ดี ดังนั้น

แผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบาที่ผู้วิจัยสนใจนำไปประยุกต์ใช้สำหรับตากข้าวเปลือกเพื่อลดความชื้นนี้ พบว่าสูตร ปูนซีเมนต์ : เม็ดพอลิسترินโฟม: แกลบ ที่เหมาะสมนั้นคือสูตรที่ 2 (1 : 2 : 2) และมีต้นทุนการผลิต 67.22 บาท ต่อตารางเมตร

เอกสารอ้างอิง

- 1 วันปิติ ธรรมศรี, นันทพร อ่อนปัดชา, อุษณีย์ ปีนอก, และมณฑนา ศรีทองคำ. การนำวัสดุ เหลือใช้จากกากมะพร้าวมาใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อก. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์, 2022, 17.(1): 117-117.
- 2 ศุภชัย ลินถาวร, นฤพัทธ์ สาทาล้าย, วิเชียร ศรีศักดิ์, และวัลลภ ดาราสม. ลานตากข้าวจากคอนกรีตผสมแกลบดำ. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติราชชนกนครินทร์วิจัย ครั้งที่ 9. ฉะเชิงเทรา. มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนกนครินทร์. เมษายน 2561.
- 3 Puljan, V., Luangwilai, T., Welamas, W., Meechowana, S., Leelayuth, S., and Moodleah S. Investigating the behaviour of heat transfer through building walls with different covering materials by using Method of Lines (MOL). NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. 2021; 17(1): 1-10.
- 4 ธรพร บุศย์น้ำเพชร, นิพนธ์ตัน ไพบุญกุล. สมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมผงยางรถยนต์ที่มี การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน. Veridian E-journal Science and Technology Silpakorn University, 2016, 3.(4): 62-75.
- 5 Padhi, R. S., Patra, R. K., Mukharjee, B. B., & Dey, T. Influence of incorporation of rice husk ash and coarse recycled concrete aggregates on properties of concrete. CONSTRUCTION BUILDING MATERIALS. 2018; 173:289-297.
- 6 P.D. Tennis, M.L. Leming, D.J. Akers, Pervious Concrete Pavements. No. PCA Serial No. 2828, Portland Cement Association, Skokie, IL, 2004.
- 7 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.(2556). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก(มอก.2594-2556). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.
- 8 TENNIS P. D., BHATTY J. I. Characteristics of portland and blended cements: results of a survey of manufacturers. IEEE Cement Industry Technical Conference, 2006. Conference Record., Phoenix, AZ, USA, 2006: 19.
- 9 วันโชค เครือหงษ์, โสภณ สังข์แป้น, ประภิต สิทธิคณาภิรักษ์, และ จิระศักดิ์ วิสัยรัตน์. สมบัติทางกลโครงสร้างจุลภาคและการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., 2559; 39 (3): 407-425.
- 10 ASTM International. (2006). Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete (ASTM C642-21). West Conshohocken: American Society for Testing and Materials.
- 11 ASTM International. (2020). Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (ASTM-C109M). West Conshohocken: American Society for Testing and Materials.
- 12 รมยธีรา จิตอารีย์ และมงคล นามลักษณ์. อิทธิพลของขนาดเม็ดโพลีเมอร์พอลิسترินต่อคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา.วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา. 2019;3,(1): 11-18.
- 13 Raoul J., Frank R., Seni T., Ibrahima K. Properties of cement-rice husk mixture. Construction and building Materials., 2003; 17(4): 239-243.

- 14 Daneti S. B., Ganesh B. K., and Wee T.-H. Effect of polystyrene aggregate size on strength and moisture migration characteristics of lightweight concrete. *Cement & Concrete Composites*; 2006; 28: 520–527.
- 15 Allahverdi A., Azimi S.A., Alibabae M.. Development of multi-strength grade green lightweight reactive powder concrete using expanded polystyrene beads. *Construction Building Materials*., 2018; 172: 457-467.
- 16 Songchai W., Kittiporn R., Pannee Y., Somchart S. Moisture Desorption of Paddy by Two Different Porous Media: Mathematical Models and Experimental Data. 2009; 32(3): 319–337.
- 17 Morgan C., Jean-Charles B., Laurent C., and Eric G. Use of raw rice husk as natural aggregate in a lightweight insulating concrete: An innovative application. *Construction and Building Materials*. 2014; 70: 428-438.
- 18 Witinantakit, K., Prachayawarakorn, S., Nathakaranakule, A., & Soponronnarit, S. Paddy drying using adsorption technique: Experiments and simulation. *Drying Technology*. 2006; 24 (5): 609-617.
- 19 Ganesh B. K. and Saradhi B.D. Behaviour of lightweight expanded polystyrene concrete containing silica fume. *Cement and Concrete Research*. 2003; 33: 755–62.

บทความวิจัย (Research Article)

ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงานและ
ประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ภายใต้สถานการณ์
การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19

Prevalence and factors related to Stress, Work Burnout and Work Efficiency
of Furniture Industry Workers under the Covid-19 Pandemic Situation

โยธิน พลประถม¹

Yothin Ponprathom^{1*}

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

¹ Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajaphat University

*Corresponding author email: yothin711@hotmail.com

วันที่รับบทความ (Received)

14 กรกฎาคม 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

29 มกราคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

30 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็กภายใต้สถานการณ์การระบาดของโรคโควิด 19 กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานระดับปฏิบัติการ จำนวน 120 คน จากสถานประกอบการจำนวน 10 แห่ง หาขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรประมาณค่าสัดส่วนทราบประชากร และสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีแบบเลือกโดยการสุ่มอย่างง่าย ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้วยสถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้สถิติไคสแควร์ ผลการวิจัยพบว่า ความเครียดในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานมีค่าเฉลี่ย 0.99 อยู่ในระดับน้อย ภาวะหมดไฟในการทำงานมีค่าเฉลี่ย 2.09 อยู่ในระดับปานกลาง และประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานมีค่าเฉลี่ย 3.18 อยู่ในระดับปานกลาง ความเครียดในการทำงานในด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา และด้านพฤติกรรม มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .000 และ .011 ตามลำดับ ความเครียดในการปฏิบัติงานมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .002 ภาวะหมดไฟในการทำงาน ในด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์ มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านการปรับตัวและการปฏิบัติตน โดยมีค่าทางสถิติที่ .020 ที่ระดับนัยสำคัญ .05

คำสำคัญ: ความเครียด, ภาวะหมดไฟในการทำงาน, ประสิทธิภาพในการทำงาน, อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

Abstract

The purpose of this research was to study Prevalence and factors related to Stress, Work Burnout and Work Efficiency of Furniture Industry Workers under the Covid-19 Pandemic Situation. The sample consisted of 120 operational level employees from 10 establishments. The size of the sample was determined by using the known population ratio estimation formula, and selected by simple random sampling. The general data were analyzed by descriptive statistics, and the correlation of the variables was

analyzed by chi-square test. The results showed that, Employees' work stress had an average of 0.99, at a low level. Work Burnout had an average of 2.09, in a moderate level. Efficiency in performance had an average of 3.18, at a moderate level. Work stress in workload and time pressure and behavior is associated with Work Burnout with statistical values of .000 and .011 respectively. Occupational stress is related to worker productivity, with a statistical value of .002. Work Burnout in emotional exhaustion It is related to the work efficiency of the operators, in terms of self-adjustment and conduct with a statistical value of .020 at a significance level of .05.

Keywords: Stress; Work Burnout; Work Efficiency; Furniture Industry

บทนำ

การระบาดของโรคโคโรนาไวรัส (Coronavirus) เกิดขึ้นในหัวฮั่นประเทศจีนในรถไฟใต้ดิน มีผู้ติดเชื้อ 11 ล้านคนในเดือนธันวาคม 2019 การเคลื่อนไหวของผู้คนอย่างเสรีนำไปสู่การแพร่กระจายของไวรัสในยุโรป (อิตาลี) สหราชอาณาจักรและสหรัฐอเมริกาในเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ 2020 กลายเป็นโรคระบาดที่ส่งผลกระทบต่อทุกประเทศในไม่ช้า [1] ไวรัสโควิด 19 (Covid-19) ซึ่งเกิดจากโรคทางเดินหายใจเฉียบพลันรุนแรงโดยโคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ส่งผลให้เกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิตทั่วโลกเนื่องจากโรคปอดอักเสบร้ายแรงและความทุกข์ทางเดินหายใจ [2] จากการระบาดของโควิด 19 ที่เกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุตสาหกรรมอย่างมาก ทำให้ธุรกิจจำนวนมากต้องปิดตัวลง นำไปสู่การหยุดชะงักของการค้าในภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่อย่างไม่เคยปรากฏมาก่อน [3] วิกฤตดังกล่าวได้ผลักดันให้ผู้ประกอบการต้องตัดสินใจที่ยากลำบาก เช่น การเลิกจ้าง การปรับลดค่าจ้าง และการขอให้พนักงานลางานโดยไม่ได้รับค่าจ้าง ส่งผลให้ผู้ประกอบการและพนักงานยังคงมีความเสี่ยงต่อความเหนื่อยหน่ายทางอารมณ์ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจ การล็อกดาวน์เนื่องจากการระบาดของโควิด 19 เป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความเครียด [4] กลุ่มอาการเหนื่อยหน่ายเป็นปัญหาสำคัญในสภาพแวดล้อมการทำงานปัจจุบัน และมีความชุกเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา [5] คำจำกัดความของความเหนื่อยหน่ายที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุด คือ อาการเหนื่อยหน่ายเป็นการตอบสนองต่อความเครียดเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับงาน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหรือมิติ 3 ประการ ได้แก่ ความอ่อนล้าทางอารมณ์ การลดบุคลิกภาพ และความสำเร็จส่วนบุคคล [6] ความอ่อนล้าทางอารมณ์ หมายถึงภาวะร่างกายและอารมณ์ที่มากเกินไปซึ่งเป็นผลมาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงานและบุคคลอื่น ๆ รวมถึงการทำงานหนักเกินไปและระดับความเครียดสูงอาจทำให้คนงานประสบภาวะหมดไฟ [7]

ภาวะหมดไฟในการทำงาน เป็นความไม่พอใจกับงานและเกี่ยวข้องกับความเครียด กลุ่มอาการเหนื่อยหน่ายของคนทำงานเป็นสภาวะของความอ่อนล้าทางร่างกายและจิตใจอันเป็นผลมาจากการทำงาน ลักษณะอาการเหนื่อยหน่ายเป็นความอ่อนล้าและอ่อนเพลียทางอารมณ์ [8] แรงกดดันจากองค์กร เช่น การทำงานหนักเกินไป อาจนำไปสู่ระดับความเหนื่อยหน่ายที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านบุคลิกภาพของพนักงาน [9] กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ บางคนอ่อนแอต่อภาวะหมดไฟในการทำงานมากกว่าคนอื่น ๆ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคลเพื่อให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้นว่าทำไมคนบางคนจึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะหมดไฟในการทำงานมากกว่าคนอื่น ๆ [6] บุคคลที่ทุกข์ทรมานจากภาวะหมดไฟในการทำงานมักจะแสดงออกถึงปัญหาทางจิต เช่น ความอ่อนแอและการนอนไม่หลับ ปัญหาทางอารมณ์ เช่น ความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า ปัญหาด้านทัศนคติ เช่น ความเกลียดชัง ความไม่แยแสและความไม่ไว้วางใจ และปัญหาด้านพฤติกรรม เช่น ความก้าวร้าว ความหงุดหงิด และการแยกตัว ท่ามกลางปัญหาอื่น ๆ [10] นอกจากนี้ ความเหนื่อยหน่ายยังส่งผลต่อสถานประกอบการ เช่น มีปัญหาในเรื่องการลาป่วยมากขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ขาดงานมากขึ้น เป็นต้น [11] กลุ่มอาการเหนื่อยหน่ายนำไปสู่ความสามารถของบุคคลในการสื่อสารที่ถูกต้องในการทำงาน ความเหนื่อยหน่ายเป็นผลด้านลบต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงภาวะซึมเศร้า กลุ่มอาการดังกล่าวนี้มีความเด่นชัดยิ่งขึ้นในช่วงการระบาดของโควิด 19 ทำให้สถาน

ประกอบการจำเป็นต้องหาทางลดความเสี่ยงและความชุก และตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากภาวะหมดไฟในการทำงาน [12] การวิจัยความเหนื่อยหน่ายประกอบด้วยการศึกษาเชิงประจักษ์เชิงสำรวจซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดระดับความเหนื่อยหน่ายและระบุตัวแปรร่วมบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของกลุ่มอาการ แม้ว่าในปัจจุบันจะมีแนวทางที่แตกต่างกันในการอธิบายรูปแบบความเสี่ยงของการหมดไฟในการทำงาน โดยเฉพาะการศึกษาปัจจัยเสี่ยงส่วนบุคคลและด้านอาชีพที่เกี่ยวข้องกับมิติการหมดไฟ [13] ปัจจุบันการวิจัยยังมุ่งเน้นให้เห็นถึงความจำเป็นในการพิจารณาปัจจัยด้านบุคลิกภาพที่มีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคการหมดไฟในการทำงาน [5]

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาระดับความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก โดยจะมุ่งศึกษาระดับความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวว่ามี ความเกี่ยวข้องกันหรือไม่ภายใต้การระบาดของโควิด 19 ในปัจจุบัน อันจะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางและการ มาตรการป้องกันต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความชุกของความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานใน อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานของ ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างและวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีใช้สูตรประมาณค่าสัดส่วนทราบประชากร แทนค่าโดยสูตรได้ดังนี้

กำหนดค่าที่สำคัญ เมื่อ

- 1) ระดับความเชื่อมั่น 1.96
- 2) อัตราความชุก ของความเครียดจากการประกอบอาชีพ ($p = 0.08$)
- 3) ระดับความแม่นยำ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 0.05

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ จากสูตร } n &= \frac{NZ^2 \frac{\alpha}{2} p(1-p)}{[e^2(N-1)] + [Z^2 \frac{\alpha}{2} p(1-p)]} \\ &= \frac{174 \times 1.96^2 \times 0.08(1-0.08)}{[0.05^2(174-1)] + [1.96^2 \times 0.08(1-0.08)]} \\ &= 119.97 \approx 120 \text{ คน} \end{aligned}$$

ดังนั้น ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก จำนวน 120 คน และทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีแบบเลือกโดยการสุ่มอย่างง่าย (Purposeful random sampling) ตามวิธีของ Duan and Hoagwood (2015) [14]

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือ โดยแบ่งเครื่องมือออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับ ความเครียดของผู้ปฏิบัติงาน ดัดแปลงจาก พรชัย สิทธิศรีณกุล, (2563) [15] ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับภาวะหมดไฟ

ของผู้ปฏิบัติงาน พรชัย สิทธิศรีณกุล, (2563) [15] และส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ดัดแปลงจาก เบญจมาศ อิ่มมาก, (2558) [16]

3. วิธีการหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.1 การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยร่างแบบสัมภาษณ์นำไปเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน และนำผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามปฏิบัติ (Item Objective congruence หรือ IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิลงความเห็น และคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป นำมาเป็นประเด็นในการจัดทำแบบสัมภาษณ์ โดยผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิมาคำนวณได้ค่า IOC เท่ากับ 0.8, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ

3.2. การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ตามวิธีของ Cronbach ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.70, 0.60 และ 0.62 ตามลำดับ และได้ทำการปรับแก้เนื่องจากได้ค่าความเชื่อมั่นต่ำ

4. เกณฑ์การแปลความหมาย

เกณฑ์การแปลความหมายจากค่าพิสัย คะแนนค่าเฉลี่ยความเครียดในการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	2.01 – 3.00	หมายถึง	ความเครียดในการทำงานอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	1.01 – 2.00	หมายถึง	ความเครียดในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	0.00 – 1.00	หมายถึง	ความเครียดในการทำงานอยู่ในระดับน้อย

เกณฑ์การแปลความหมายจากค่าพิสัย คะแนนค่าเฉลี่ยภาวะหมดไฟในการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	2.68 – 4.00	หมายถึง	ภาวะหมดไฟในการทำงานอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	1.34 – 2.67	หมายถึง	ภาวะหมดไฟในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	0.00 – 1.33	หมายถึง	ภาวะหมดไฟในการทำงานอยู่ในระดับน้อย

เกณฑ์การแปลความหมายจากค่าพิสัย คะแนนค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	3.34 – 5.00	หมายถึง	ประสิทธิภาพในการทำงานอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	1.67 – 3.33	หมายถึง	ประสิทธิภาพในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	0.00 – 1.66	หมายถึง	ประสิทธิภาพในการทำงานอยู่ในระดับน้อย

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์และสรุปผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมี 2 ส่วน ดังนี้

5.1 สถิติพรรณนา (Descriptive statistic) จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการอธิบายข้อมูล ความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงาน และประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก

5.2 สถิติอนุมาน (Inferential statistic) ใช้สถิติไคสแควร์ (Chi - square test) หาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด ภาวะหมดไฟในการทำงาน และประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา เลขที่ COA No. BSRU-REC 660202 โดยมีการกำหนดสิทธิของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย คือ ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ ได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ ความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับการวิจัย จะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย จะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย สามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น

และจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่ และมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจาก ผู้ปฏิบัติงานระดับปฏิบัติการในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก จำนวน 120 คน และนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1: ความเครียดในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก

ความเครียดในการปฏิบัติงาน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1. ด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา			
1.1 ท่านนอนไม่หลับเพราะคิดมาก หรือกังวลใจ	1.45	0.72	ปานกลาง
1.2 ท่านรู้สึกหงุดหงิด รำคาญใจ	1.37	0.78	ปานกลาง
1.3 ท่านมีความวุ่นวายและสับสนในความคิด	1.44	1.01	ปานกลาง
1.4 ท่านรู้สึกไม่มีความสุขและเศร้าหมอง	1.21	0.79	ปานกลาง
1.5 ท่านรู้สึกท้อแท้และหมดหวังในชีวิต	1.26	0.80	ปานกลาง
1.6 ท่านรู้สึกว่าชีวิตของตนไม่มีคุณค่า	0.68	0.62	น้อย
1.7 ท่านรู้สึกว่าตนเองไม่มีสมาธิในการปฏิบัติงาน	1.00	0.64	น้อย
1.8 ท่านรู้สึกอ่อนเพลียไม่มีแรงจะทำอะไร	0.98	0.71	น้อย
1.9 ท่านรู้สึกเบื่อหน่ายไม่อยากทำอะไร	1.53	0.85	ปานกลาง
1.10 ท่านรู้สึกกลัวผิดพลาดในการทำสิ่งต่าง ๆ	0.81	0.55	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม	1.17	0.75	ปานกลาง
2. ด้านร่างกาย			
2.1 ท่านทำอะไรไม่ได้เลยเพราะประสาทตึงเครียด	0.54	0.63	น้อย
2.2 ท่านมีอาการปวดศีรษะข้างเดียว หรือปวดบริเวณขมับทั้ง 2 ข้าง	0.91	0.62	น้อย
2.3 ท่านมีอาการหัวใจเต้นแรงโดยไม่มีสาเหตุ	0.48	0.56	น้อย
2.4 ท่านเสียงสั่น ปากสั่น หรือมือสั่นเวลาไม่พอใจ	0.58	0.87	น้อย
2.5 ท่านปวดหรือเกร็งกล้ามเนื้อบริเวณท้ายทอยหลัง หรือไหล่	0.83	0.58	น้อย
2.6 ท่านรู้สึกมึนงงหรือเวียนศีรษะบ่อย ๆ	0.81	0.52	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม	0.69	0.63	น้อย
3. ด้านพฤติกรรม			
3.1 ท่านไม่ยอมกสนทนาหรือพบปะผู้คน	0.57	0.66	ปานกลาง
3.2 ท่านมีความกระวนกระวายใจอยู่ตลอดเวลา	1.47	1.19	ปานกลาง
3.3 ท่านรู้สึกตื่นตันทันง่ายกับเหตุการณ์ที่ไม่คุ้นเคย	1.68	1.02	น้อย
3.4 ท่านมีปัญหาด้านความสัมพันธ์กับบุคคลในครอบครัว	0.70	0.71	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	1.10	0.89	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	0.99	0.76	น้อย

จากตารางที่ 1 พบว่า ความเครียดในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานโดยภาพรวมทุกด้านมีค่าเฉลี่ย 0.99 คือ มีความเครียดในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 1.17 อยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือ ด้านพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ย 1.10 อยู่ในระดับน้อย และน้อยที่สุดคือ ด้านร่างกายค่าเฉลี่ย 0.69 อยู่ในระดับน้อย

ตารางที่ 2: ภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

ภาวะหมดไฟในการทำงาน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1. ความอ่อนล้าทางอารมณ์			
1.1. ท่านรู้สึกเหนื่อยล้า หมดพลัง ทั้งพลังทางกายและอารมณ์	2.22	0.87	ปานกลาง
1.2. ท่านรู้สึกในทางลบกับงานในหน้าที่ที่ทำ	2.45	1.32	ปานกลาง
1.3. ท่านรู้สึกเฉยเมย หรือเห็นอกเห็นใจกับผู้อื่นน้อยลง อย่างไม่สมเหตุผล	1.83	1.03	ปานกลาง
1.4. ท่านรู้สึกหงุดหงิดกับเรื่องเล็กๆน้อยๆ หรือหงุดหงิดกับเพื่อนร่วมงาน	2.38	0.94	ปานกลาง
1.5. ท่านรู้สึกไม่เข้าใจผู้ร่วมงาน หรือผู้ร่วมงานไม่ชื่นชอบ	2.25	1.01	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	2.23	1.04	ปานกลาง
2. การเมินเฉยต่องาน			
2.1 ท่านรู้สึกเหมือนไม่มีใครที่จะพูดคุยด้วย	1.78	1.05	ปานกลาง
2.2 ท่านรู้สึกว่าประสบความสำเร็จน้อยกว่าที่ควรจะเป็น	2.30	1.01	ปานกลาง
2.3 ท่านรู้สึกเหมือนอยู่ภายใต้แรงกดดันที่ไม่พึงประสงค์ที่ทำให้งานไม่สำเร็จ	1.92	1.03	ปานกลาง
2.4 ท่านรู้สึกว่ายังไม่ได้สิ่งที่ตัวเองต้องการในการทำงาน	2.39	1.17	ปานกลาง
2.5 ท่านรู้สึกว่าเลือกทำงานในองค์กรที่ผิด หรือเลือกอาชีพผิด	1.71	1.00	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	2.02	1.05	ปานกลาง
3. ความสามารถในการทำงาน			
3.1 ท่านรู้สึกผิดหวังกับบางส่วนของงานที่ทำหรือรับผิดชอบ	1.89	0.85	ปานกลาง
3.2 ท่านรู้สึกว่า การเมืองในองค์กรหรือการทำงานที่มีขั้นตอนมากทำให้ไม่สามารถที่จะทำงานอย่างสำเร็จไปด้วยดี	2.04	1.01	ปานกลาง
3.3 ท่านรู้สึกว่ามีความหลายงานที่เกินขีดความสามารถของคนที่ทำงานดังกล่าวในทางปฏิบัติ	2.11	0.88	ปานกลาง
3.4 ท่านรู้สึกว่า ฉันไม่มีเวลาที่จะทำหลายๆงาน ที่มีความสำคัญที่จะต้องทำงานนั้นอย่างมีคุณภาพ	2.01	0.88	ปานกลาง
3.5 ท่านรู้สึกว่าไม่มีเวลาที่มีมากพอในการวางแผนในการทำงานที่อยากจะทำ	2.05	0.85	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	2.02	0.89	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	2.09	0.99	ปานกลาง

จากตารางที่ 2 พบว่า ภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานโดยภาพรวมทุกด้านมีค่าเฉลี่ย 2.09 คือ มีภาวะหมดไฟในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความอ่อนล้าทางอารมณ์ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 2.23 อยู่

ในระดับปานกลาง รองลงมาคือ การมีเงินเดือนงาน มีค่าเฉลี่ย 2.02 อยู่ในระดับปานกลาง และความสามารถในการทำงาน ค่าเฉลี่ย 2.02 อยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 3: ประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงาน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1. ผลงาน			
1.1 ท่านสามารถทำงานได้บรรลุตามเป้าหมาย	2.61	0.63	ปานกลาง
1.2 ผลงานของท่านเป็นที่ยอมรับของเพื่อนร่วมงาน	2.88	0.93	มาก
1.3 ท่านได้รับคำชมจากเพื่อนร่วมงาน และผู้บังคับบัญชาเสมอ	2.68	0.72	ปานกลาง
1.4 ท่านสามารถบริหารจัดการงานที่ท่านได้รับมอบหมายได้	3.50	0.94	มาก
1.5 เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นท่านสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี	3.52	0.90	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.04	0.82	ปานกลาง
2. คุณลักษณะการปฏิบัติงาน			
2.1 ท่านมีความกระตือรือร้นในการทำงานที่ต้องแข่งกับเวลาเสมอ	3.72	0.87	มาก
2.2 ปริมาณงานประจำมีความเหมาะสมกับหน้าที่และความรับผิดชอบของท่าน	3.43	0.79	มาก
2.3 ภาระงานที่ได้รับมอบหมายเหมาะสมกับความสามารถของท่าน	2.92	0.81	ปานกลาง
2.4 ท่านมีความชำนาญในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการปฏิบัติงาน	3.51	0.84	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.39	0.83	มาก
3. การปรับตัวและการปฏิบัติตน			
3.1 ท่านมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ และยอมรับในการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นเสมอ	3.65	0.88	มาก
3.2 งานที่ท่านปฏิบัติอยู่น่าสนใจและท้าทายให้ต้องลงมือทำให้สำเร็จ	3.53	0.79	มาก
3.3 การปฏิบัติงานของท่านได้รับการยอมรับจากเพื่อนร่วมงานและผู้บังคับบัญชา	3.35	0.82	มาก
3.4 ท่านสามารถปฏิบัติงานได้ตรงตามเป้าหมายและสำเร็จทันตามกำหนดระยะเวลาทุกครั้ง	3.43	0.91	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.49	0.85	มาก
4. การสร้างโอกาสและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์			
4.1 องค์กรของท่านเปิดโอกาสให้พนักงานแสดงความคิดเห็นเพื่อให้ผลงานออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ	2.69	0.84	ปานกลาง
4.2 ผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงานให้คำแนะนำที่ดีต่อท่านในการทำงานต่าง ๆ	3.22	0.94	ปานกลาง
4.3 ท่านคิดว่าบุคลากรในองค์กรของท่านมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้บังคับบัญชา ผู้ใต้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงาน	3.19	0.83	ปานกลาง
4.4 องค์กรของท่านสนับสนุนให้บุคลากรมีความก้าวหน้าในอาชีพการงาน	3.10	0.80	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	3.05	0.85	ปานกลาง

ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงาน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
5. จริยธรรมและจรรยาบรรณ			
5.1 ท่านคิดว่าบุคลากรในองค์กรของท่านปฏิบัติตามกฎและวินัยต่าง ๆ ในการปฏิบัติงาน	3.21	0.83	ปานกลาง
5.2 ท่านคิดว่าองค์กรของท่านมีการวางแผนตามหลักการปฏิบัติงานในแต่ละหน้าที่ เพื่อให้องค์กรทำหน้าที่ได้อย่างราบรื่นและบรรลุจุดมุ่งหมาย	3.16	0.94	ปานกลาง
5.3 ท่านคิดว่าองค์กรมีการพัฒนาวิธีการปฏิบัติงานและกำหนดเวลาปฏิบัติงาน ที่ชัดเจน	2.96	0.98	ปานกลาง
5.4 ท่านคิดว่าองค์กรของท่านมีการรักษาสภาพแวดล้อมที่ดีมีมาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ	2.63	0.73	ปานกลาง
5.5 ท่านคิดว่าการประเมินประสิทธิภาพการปฏิบัติงานในองค์กรของท่าน ดำเนินการได้อย่างเหมาะสมมีระเบียบปฏิบัติอย่างชัดเจน	2.79	0.92	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	2.95	0.88	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	3.18	0.85	ปานกลาง

จากตารางที่ 3 พบว่า ประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานโดยภาพรวมทุกด้านมีค่าเฉลี่ย 3.18 คือ มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า การปรับตัวและการปฏิบัติตน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 3.49 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ คุณลักษณะการทำงานมีค่าเฉลี่ย 3.39 อยู่ในระดับมาก และน้อยที่สุดคือ จริยธรรมและจรรยาบรรณ ค่าเฉลี่ย 2.95 อยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 4: ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในการทำงานกับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

ความเครียดในการทำงาน(S)	ค่าสถิติ	ภาวะหมดไฟในการทำงาน (BS)			ภาพรวม
		BS1	BS2	BS3	
1. ด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา	Chi-Square	32.888	44.690	20.844	48.771
	P-value	.000*	.000*	.000*	.000*
2. ด้านร่างกาย	Chi-Square	5.203	1.014	21.269	2.654
	P-value	.074	.602	.000*	.265
3. ด้านพฤติกรรม	Chi-Square	15.872	14.043	3.124	13.150
	P-value	.003*	.007*	.537	.011*
ภาพรวม	Chi-Square				29.544
	P-value				.000*

* p-value<0.05

จากตารางที่ 4 พบว่า โดยภาพรวม ความเครียดในการทำงานในด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา และด้านพฤติกรรม มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .000 และ .011 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 หากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความเครียดในการทำงานในด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์ ด้านการเมินเฉยต่องาน และด้านความสามารถในการทำงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .000, .000 และ .000 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ความเครียดใน

การทำงานในด้านร่างกาย มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านความสามารถในการทำงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .000 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ความเครียดในการทำงานในด้านพฤติกรรม มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์ และด้านการเมินเฉยต่องาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .003 และ .007 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ตารางที่ 5: ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในการปฏิบัติงานกับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

ความเครียดในการทำงาน(S)	ค่าสถิติ	ประสิทธิภาพในการทำงาน (PE)					ภาพรวม
		PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	
1. ด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา	Chi-Square	3.255	.581	5.562	8.278	2.597	5.068
	P-value	.196	.748	.062	.082	.627	.079
2. ด้านร่างกาย	Chi-Square	3.093	2.087	.248	386	7.340	.015*
	P-value	.079	.149	.619	.825	.025*	.904
3. ด้านพฤติกรรม	Chi-Square	1.094	1.883	.751	3.921	3.175	1.347
	P-value	.579	.390	.687	.417	.529	.510
ภาพรวม	Chi-Square						12.163
	P-value						.002*

* p-value<0.05

จากตารางที่ 5 พบว่า โดยภาพรวม ความเครียดในการทำงานมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .002 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 หากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันในรายด้าน

ตารางที่ 6: ความสัมพันธ์ระหว่างภาวะหมดไฟในการทำงานกับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

ภาวะหมดไฟในการทำงาน (BS)	ค่าสถิติ	ประสิทธิภาพในการทำงาน (PE)					ภาพรวม
		PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	
1. ความอ่อนล้าทางอารมณ์	Chi-Square	.868	.048*	7.818	7.991	7.654	5.613
	P-value	.648	.976	.020*	.092	.105	.060
2. การเมินเฉยต่องาน	Chi-Square	.174	3.837	14.421	8.791	12.269	4.565
	P-value	.917	.147	.001*	.067	.015*	.102
3. ความสามารถในการทำงาน	Chi-Square	1.049	4.290	3.981	10.328	14.490	3.468
	P-value	.592	.117	.137	.035*	.006*	.177
ภาพรวม	Chi-Square						3.433
	P-value						.180

* p-value<0.05

จากตารางที่ 6 พบว่า โดยภาพรวม ภาวะหมดไฟในการทำงาน ไม่มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน แต่หากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ภาวะหมดไฟในการทำงาน ในด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์ มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านการปรับตัวและการปฏิบัติตน โดยมีค่าทางสถิติที่ .020 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ภาวะหมดไฟในการทำงาน ในด้านการเมินเฉยต่องานมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของ

ผู้ปฏิบัติงาน ในด้านการปรับตัวและการปฏิบัติตน และด้านจริยธรรมและจรรยาบรรณ โดยมีค่าทางสถิติที่ .001 และ .015 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ .05

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาความเครียดในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานครั้งนี้ พบว่า พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก มีความเครียดในการปฏิบัติงานภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 1.17 อยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือด้านพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ย 1.10 อยู่ในระดับน้อย และน้อยที่สุดคือด้านร่างกายค่าเฉลี่ย 0.69 อยู่ในระดับน้อย ซึ่งเมื่อพิจารณาในรายละเอียดจะพบว่า พนักงานมีความรู้สึกว่าชีวิตของตนมีคุณค่า สอดคล้องกับ Ansoleaga et al. (2015) [17] กล่าวว่า ความเครียดจากการทำงานขึ้นอยู่กับวิธีที่มนุษย์ปรับตัวเข้ากับความต้องการในการทำงาน ใกล้เคียงกับ Lu et al. (2015) [18] ที่กล่าวว่า ความเครียดจากการทำงานคือ การตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่อความต้องการภายนอก นอกจากนี้พนักงานที่ทำงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ต่างมีสมาธิในการปฏิบัติงาน ไม่กลัวผิดพลาดในการทำงาน ไม่มีอาการผิดปกติ เช่น อาการหัวใจเต้นแรง เสียสั่น ปากสั่น หรือมือสั่น ซึ่งเหล่านี้เป็นอาการที่เกิดจากความเครียด คล้ายกับ Suthum and Chaiyakul, (2020) [19] ที่กล่าวเกี่ยวกับอาการที่แสดงออกจากความเครียดไว้ว่า ในการทำงานที่พนักงานมีความกังวลเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย พนักงานจึงแสดงออกทางร่างกายจากการกลัวความผิดพลาดในการทำงาน บางท่านอาจมีอาการเสียสั่น ปากสั่น หรือมือสั่นในที่ประชุม ซึ่งเป็นไปตามลักษณะที่พบในการศึกษาของ Bishopet et al. (2006) [18], Kuper et al. (2003) [21] และ Tsutsumi et al. (2001) [22] ที่กล่าวว่า ความเครียดในฐานะปัจจัยด้านจิตสังคมมีผลกระทบทั้งทางด้านจิตใจและร่างกาย ท่ามกลางผลกระทบทางจิตใจอาจเป็นความวิตกกังวล ขาดสมาธิ และความยากลำบากในการทำการตัดสินใจ ความเหนื่อยล้า ภาวะซึมเศร้า และปัญหาการนอนหลับ ในทางกลับกัน ผลกระทบทางร่างกายนั้นรวมถึงโรคหัวใจ ความผิดปกติของการย่อยอาหาร ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น ปวดศีรษะ หรือความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก เป็นต้น ในส่วนของความสัมพันธ์กับบุคคลในครอบครัวก็อยู่ในระดับที่เป็นปกติ นั้นอาจเป็นสาเหตุบางส่วนที่ทำให้ความเครียดในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Kaewsrasean and Archarunroj, (2017) [23] ที่กล่าวว่า ปัจจัยในการทำงานมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานโดยรวมของพนักงาน และปัจจัยในการทำงานมีความสัมพันธ์กับความเครียดในการทำงานโดยรวมของพนักงานเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าพนักงานมีความคิดเห็นต่อปัจจัยในการทำงานเพิ่มขึ้น หรือปัจจัยในการทำงานเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานจะเพิ่มขึ้น และความเครียดในการทำงานโดยรวมของพนักงานก็จะลดลง ตลอดจนสาเหตุอีกประการน่าจะมาจากการที่สถานประกอบการขนาดเล็กที่มีจำนวนลูกจ้างไม่มากนัก การใกล้ชิดพูดคุยที่เป็นกันเองอาจเป็นตัวการสำคัญในการลดความเครียดลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Unlamai et al. (2018) [24] ที่กล่าวว่า การที่องค์กรมีการวางแผนบริหารจัดการความเครียดให้กับบุคลากร เช่น การจัดบรรยากาศ และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การทำงาน สร้างปัจจัยหรือเป้าหมายในการทำงานที่ชัดเจน มีคำอธิบายลักษณะงานเป็นทางการ สร้างบรรยากาศแห่งความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างบุคลากรด้วยกัน อีกทั้งมีกฎระเบียบและนโยบายต่าง ๆ ที่เหมาะสม ก็จะช่วยลดความเครียดให้กับบุคลากรได้ระดับต่ำ ดังนั้นจะเห็นว่าความสัมพันธ์อันดีระหว่างเพื่อนร่วมงานหรือนายจ้างกับพนักงานเป็นปัจจัยที่จะส่งผลต่อความเครียดในการทำงาน สอดคล้องกับ Suthum and Chaiyakul, (2020) [19] ที่กล่าวว่า ลักษณะงานที่พนักงานได้รับมอบหมายมีปริมาณงานไม่เหมาะสมกับตำแหน่งหน้าที่มากนัก งานแต่ละงานไม่สามารถจัดการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบอย่างเป็นธรรมได้เท่าที่ควร อีกทั้งพนักงานยังมีความสับสนในขั้นตอนการปฏิบัติงาน และบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเอง รวมไปถึงพนักงานยังขาดความไว้วางใจจากเพื่อนร่วมงานและ ผู้บังคับบัญชาทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลค่อนข้างน้อย

จากการศึกษาภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานครั้งนี้ พบว่า พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก มีภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานโดยภาพรวมทุกด้านมีค่าเฉลี่ย 2.09 คือ มีภาวะหมดไฟในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความอ่อนล้าทางอารมณ์ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 2.23 อยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือ การเมินเฉยต่องาน มีค่าเฉลี่ย 2.02 อยู่ในระดับปานกลาง และความสามารถในการทำงาน ค่าเฉลี่ย 2.02 อยู่ในระดับปานกลาง หากพิจารณาไปในรายละเอียดจะพบว่า ปัจจัยที่ทำให้พนักงานมีภาวะหมดไฟในการทำงานระดับปานกลาง แต่ก็อาจจะสูงขึ้นได้หากไม่มีการแก้ไข ซึ่งปัจจัยดังกล่าว เช่น รู้สึกเหนื่อยล้า หมดพลัง หงุดหงิดกับเรื่องเล็ก ๆ น้อย ๆ รู้สึกว่าประสบความสำเร็จน้อยกว่าที่ควรจะเป็น รู้สึกว่าเลือกทำงานในองค์กรที่ผิด หรือเลือกอาชีพผิด มีหลายงานที่เกินขีดความสามารถของตน ใกล้เคียงกับ Tsutsumi et al. (2001) [22] ที่กล่าวว่า ความเครียดจากการทำงานเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของงานไม่ตรงกับความต้องการหรือเกินขีดความสามารถ ทรัพยากร หรือความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน หรือแม้แต่การรู้สึกว่าไม่มีเวลาที่มากพอในการวางแผนในการทำงานที่อยากจะทำ และปัจจัยส่วนบุคคล โดยเฉพาะส่วนใหญ่พนักงานยังมีการศึกษาที่อยู่ในระดับต่ำ อาจเป็นผลให้มีความรู้สึกที่ส่งผลต่อภาวะหมดไฟในการทำงานได้ เหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยหลักที่ยังทำให้พนักงานเกิดอาการภาวะหมดไฟในการทำงาน สอดคล้องกับ เต็มสิริ ป.ปาน (2564) [25] ที่กล่าวว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานประกอบด้วย ระดับการศึกษาเป็นปัจจัยเชิงบวกต่อความอ่อนล้าทางอารมณ์ ระดับความรู้สึกเมื่อยล้าหลังเลิกงานเป็นปัจจัยเชิงลบทั้งด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์และด้านการลดทอนความเป็นบุคคล สถานภาพการสมรสเป็นปัจจัยเชิงบวกต่อการลดทอนความเป็นบุคคล และอายุเป็นปัจจัยเชิงลบต่อ ด้านความสำเร็จส่วนตัว

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานครั้งนี้ พบว่า พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานโดยภาพรวมทุกด้านมีค่าเฉลี่ย 3.18 คือ มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า การปรับตัวและการปฏิบัติตน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 3.49 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ คุณลักษณะการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ย 3.39 อยู่ในระดับมาก และน้อยที่สุดคือ จริยธรรมและจรรยาบรรณ ค่าเฉลี่ย 2.95 อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งหากพิจารณาไปในรายละเอียดจะพบว่า สาเหตุที่ทำให้พนักงานมีประสิทธิภาพในการทำงานอยู่ในระดับที่สูงขึ้นอาจมีสาเหตุจากสามารถทำงานได้บรรลุตามเป้าหมาย เนื่องจากเป็นลักษณะการที่ต้องทำวันต่อวันให้เสร็จ ซึ่งเป็นไปตามหลักการของ Ansoleaga et al. (2015) [17] ที่กล่าวว่า ความเครียดจากการทำงานจะเกิดขึ้นเมื่อความต้องการในการทำงานเกินความสามารถในการควบคุมของมนุษย์ นอกจากนั้นการเป็นที่ยอมรับของเพื่อนร่วมงาน เนื่องจากเป็นสถานประกอบการขนาดเล็กมีสมาชิกไม่มากทำให้มีโอกาสพูดคุยแลกเปลี่ยนกันได้อย่างดี การมีความกระตือรือร้นในการทำงานที่ต้องแข่งกับเวลาเสมอ เนื่องจากต้องทำงานให้ได้ในปริมาณที่มากเพื่อรับค่าจ้างที่มากเป็นการแลกเปลี่ยน มีความชำนาญในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการปฏิบัติงาน เนื่องจากมีประสบการณ์ในการทำงานมานานทำให้เกิดความคุ้นชินกับเครื่องมือเครื่องจักร สามารถปฏิบัติงานได้ตรงตามเป้าหมายและสำเร็จทันตามกำหนด เนื่องจากลักษณะงานที่ทำต้องส่งงานให้ทันตามกำหนดของลูกค้าทำให้มีแรงกระตุ้นที่จะทำงานให้เสร็จทันตามกำหนด ตลอดจนการมีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้บังคับบัญชา ผู้ใต้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงาน การศึกษาวิจัยของ Kristensen et al. (2005) [26] และ Freudenberg, (1975) [27] กล่าวว่า ความเหนื่อยหน่ายในการทำงานส่งผลเสียมากมายในครอบครัว สังคม และชีวิตส่วนตัว ตลอดจนในองค์กรและสภาพแวดล้อมในการทำงานและเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการขาดงาน ความล่าช้าตามลำดับต่าง ๆ การร้องเรียน การเปลี่ยนงาน และความขัดแย้งระหว่างบุคคลกับเพื่อนร่วมงาน แต่เนื่องด้วยสถานประกอบการขนาดเล็กมีความใกล้ชิดกันของสมาชิกเนื่องจากมีคนงานจำนวนน้อยทำให้มีเวลาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จึงยังส่งผลให้ยังมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกัน การศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงาน เช่น การศึกษาของ Valadez et al. (2017) [26] ที่กล่าวว่า การดำเนินการเพื่อลดความอ่อนล้าทางอารมณ์ในที่ทำงาน ได้แก่ การจัดสภาพแวดล้อมการ

ทำงานในเชิงบวกและเหมาะสมผ่านการสนับสนุนทางสังคม กลยุทธ์เหล่านี้ช่วยป้องกันอันตรายจากการทำงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพระดับมืออาชีพ เพิ่มคุณภาพชีวิตในที่ทำงาน และประสิทธิภาพการทำงาน

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในการปฏิบัติงานกับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานพบว่า ความเครียดในการปฏิบัติงาน ในด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา และด้านพฤติกรรม มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .000 และ .011 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ซึ่งสอดคล้องกับ อติลักษณ์ พุ่มอิม, (2564) [29] ที่กล่าวว่า ปัจจัยด้านงาน มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อ ความเครียดในการทำงาน และประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน หากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความเครียดในการปฏิบัติงาน ในด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งจะส่งผลเสียในด้านการทำงานและความร่วมมือ ซึ่งสอดคล้องกับ ทิปปิพัฒน์ เลิศวรายุทธ์ และคณะ, (2561) [30] ที่กล่าวว่า สำหรับพนักงานที่มีระดับความเครียดจากการทำงาน จะส่งผลให้เกิดความเฉื่อยชา งานมีการพัฒนาและสร้างสรรค์ต่ำเกิดภาวะจำยอมโดยไม่คิดแก้ไขอะไร และไม่ร่วมมือทำกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งในที่ทำงาน ในสังคมหรือทางการเมือง ในด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์ ด้านการเมินเฉยต่องาน และด้านความสามารถในการทำงาน ในส่วนของความเครียดในการปฏิบัติงาน ในด้านร่างกาย มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านความสามารถในการทำงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .000 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 สอดคล้องกับ Kuper et al. (2003) [21] ที่กล่าวว่า ปัจจัยด้านความเครียดมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานโดยรวม กล่าวคือ ถ้าพนักงานมีความเครียดในการ ทำงานด้านจิตใจ และโดยรวมเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานโดยรวมของพนักงานจะลดลงใน ในส่วนของความเครียดในการปฏิบัติงานในด้านพฤติกรรม มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์ และด้านการเมินเฉยต่องาน สอดคล้องกับ Suthum and Chaiyakul, (2020) [19] ที่กล่าวว่า ความรู้สึกเบื่อหน่ายในการทำงาน รวมไปถึงการกลัวความผิดพลาดในการทำงานที่สูง เป็นผลทำให้พฤติกรรมของพนักงานเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นสถานประกอบการควรให้ความสำคัญต่อการจัดการกับความเครียดของพนักงาน เพื่อส่งเสริมให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้น ดังความเห็นของ ปาลินี สุขคุ้ม และคณะ, (2564) [31] ที่กล่าวว่า แนวทางในการจัดการความเครียดควรจัดให้กิจกรรมการส่งเสริมการจัดการความเครียดเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายในการบริหารงาน และฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ ควรสำรวจความคิดเห็นของพนักงานเกี่ยวกับระดับความเครียดและการจัดการความเครียดทุกปี เพื่อนำข้อมูลมาเป็นแนวทางนำเสนอแผนการพัฒนาปรับปรุงให้สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปของบุคลากรภายในและสภาพแวดล้อมภายนอกได้อย่างเหมาะสม

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในการปฏิบัติงานกับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานพบว่า ความเครียดในการปฏิบัติงาน มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยมีค่าทางสถิติที่ .002 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 สอดคล้องกับ อติลักษณ์ พุ่มอิม, (2564) [29] ที่กล่าวว่า ความเครียดในการทำงาน มีอิทธิพลทางตรง เชิงบวกต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน และใกล้เคียงกับ Kaewkiew, (2014) [32] ที่กล่าวว่า ความเครียด ที่แสดงออกทางร่างกายหรือจิตใจมีความสัมพันธ์ กับประสิทธิภาพในการทำงานด้านคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความสัมพันธ์ทางบวก และอยู่ใน ระดับต่ำมาก ดังนั้นสถานประกอบการต้องให้ความสำคัญกับการลดความเครียดในการทำงานซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน เป็นไปตาม อติลักษณ์ พุ่มอิม, (2564) [29] ที่กล่าวว่า ความเครียดในการทำงานของพนักงาน ควรให้ความสำคัญต่อความเครียดทางด้านจิตใจ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ด้านคุณภาพงาน ด้านปริมาณงาน และด้านเวลา การให้ความสำคัญโดยการให้ความรู้ในการลดความเครียด หรือการเผชิญหน้าต่อความเครียด ธรรมชาติให้มีการพูดคุยเชิงสร้างสรรค์ และลดการใช้คำพูดที่เป็นการดูถูกเหยียดหยาม ทำร้ายจิตใจผู้อื่น ควรมีการจัดกิจกรรมสันทนาการ และสร้างบรรยากาศที่มีความผ่อนคลายในการทำงาน และมีโครงการตรวจสุขภาพกายและสุขภาพจิตประจำปีเพื่อการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะหมดไฟในการทำงานกับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน พบว่า ภาวะหมดไฟในการทำงาน ในด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์ มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านการปรับตัวและการปฏิบัติตน โดยมีค่าทางสถิติที่ .020 ซึ่งสอดคล้องกับ Macias et al. (2019) [33] ที่กล่าวว่า พนักงานของบริษัทจำนวนมากได้รับผลกระทบจากอาการเหนื่อยหน่าย ซึ่งเป็นลักษณะทางจิตวิทยาที่ต้องตอบสนองเป็นเวลานานต่อแรงกดดันจากความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในสภาพแวดล้อมการทำงาน นอกจากนี้ภาวะหมดไฟในการทำงาน ในด้านการเมินเฉยต่องานมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ในด้านการปรับตัวและการปฏิบัติตน และด้านจริยธรรมและจรรยาบรรณ โดยมีค่าทางสถิติที่ .001 และ .015 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 สอดคล้องกับ Maslach, (2003) [34] ที่กล่าวว่า ความเหน็ดเหนื่อยและความเห็นอกเห็นใจถูกมักเกิดจากการมีงานล้นมือและความขัดแย้งทางสังคม ในขณะที่ความรู้สึกไร้ประสิทธิภาพเกิดขึ้นชัดเจนขึ้นจากการขาดทรัพยากรเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วง เช่น ขาดข้อมูลที่สำคัญ ขาดเครื่องมือที่จำเป็น หรือเวลาไม่พอ เช่นเดียวกับ Bakker et al. (2003) [35] ที่กล่าวว่า ในงานที่มีความต้องการงานสูงและทรัพยากรงานจำกัด เราคาดหวังว่าพนักงานจะอ่อนล้า ถูกเหยียดหยาม และความสามารถลดลง ดังนั้นสถานประกอบการควรให้ความสำคัญในเรื่องภาวะหมดไฟในการทำงาน เนื่องจากจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานโดยรวมขององค์กรได้ ยกตัวอย่างเช่น Valadez et al. (2017) [28] ได้ให้ความเห็นไว้ว่า การดำเนินการเพื่อลดความอ่อนล้าทางอารมณ์ในที่ทำงาน ได้แก่ การจัดสภาพแวดล้อมการทำงานในเชิงบวกและเหมาะสมผ่านการสนับสนุนทางสังคม กลยุทธ์เหล่านี้ช่วยป้องกันอันตรายจากการทำงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพระดับมืออาชีพ เพิ่มคุณภาพชีวิตในที่ทำงาน และประสิทธิภาพการทำงาน นอกจากนี้ Javanshir et al. (2019) [36] ยังให้ความสำคัญต่อภาวะหมดไฟในการทำงาน ไว้ว่า ความสำคัญของปัญหาความหมดไฟในการทำงานซึ่งส่งผลเสียมากมายต่อครอบครัวสังคมและองค์กรต่าง ๆ เพื่อสิ่งที่สำคัญคือ สุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี ตลอดจนการออกแบบและจัดการระบบงานที่มีประสิทธิภาพ

โดยสรุปพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก มีความเครียดในการปฏิบัติงานภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับน้อย มีภาวะหมดไฟในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานโดยภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง และมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานโดยภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง ในส่วนของความสัมพันธ์ พบว่าความเครียดในการทำงานในด้านปริมาณงานและความกดดันด้านเวลา และด้านพฤติกรรม มีความสัมพันธ์กับภาวะหมดไฟในการทำงาน ความเครียดในการปฏิบัติงานมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ภาวะหมดไฟในการทำงาน ในด้านความอ่อนล้าทางอารมณ์ มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการทำงานในด้านการปรับตัวและการปฏิบัติตนของผู้ปฏิบัติงาน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาในเรื่องของตัวแปรอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความเครียด ภาวะหมดไฟ และประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน ภายในองค์กร เช่น ภาวะผู้นำ ปัจจัยด้านสังคม ปัจจัยด้านวัฒนธรรม ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์ ปัจจัยจิตใจ ปัจจัยค่าจ้าง ปัจจัยการลาออก เป็นต้น ซึ่งจะมีข้อค้นพบ อีกหลายประการที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัย
2. ควรศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานภายในองค์กรกับประชากรกลุ่มอื่น เช่น องค์กรที่ประกอบธุรกิจ ในอุตสาหกรรมเดียวกัน ว่ามีปัจจัยแตกต่างหรือคล้ายคลึงกันอย่างไร เพื่อจะได้นำผลการวิจัยไปใช้ในการวางแผนการบริหารงาน
3. ควรทำการศึกษาเชิงลึกด้วยการทำวิจัย เชิงคุณภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเข้าถึงสาเหตุของความเครียด ภาวะหมดไฟ และประสิทธิภาพในการทำงาน และค้นหาแนวปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practice) ขององค์กรที่มีการบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม
4. ในปัจจุบันโรคโควิด-19 ได้กลายเป็นโรคประจำถิ่น ดังนั้นควรทำการศึกษาการกำหนดแนวทางในการป้องกันโรค

อุบัติใหม่ของสถานประกอบการ และทำการประเมินผลเปรียบเทียบกับสถานการณ์ในกรณีของการเกิดโรคโควิด-19

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- 1 Arnsten AFT, Shanafelt T. Physician Distress and Burnout: The Neurobiological Perspective. Mayo Clin Proc [Internet] 2021; 96(3): 763–9.
- 2 Adesse D, Gladulich L, Alvarez-Rosa L, Siqueira M, Marcos AC, Heider M, et al. Role of aging in Blood–Brain Barrier dysfunction and susceptibility to SARS-CoV-2 infection: impacts on neurological symptoms of COVID-19. Fluids Barriers CNS [Internet] 2022; 19(1): 1–19.
- 3 Donthu N, Gustafsson A. Effects of COVID-19 on business and research. J Bus Res 2020; 117: 284–9.
- 4 Kaur K. The Early Impact of COVID-19 on Textile Industry: An Empirical Analysis. Manag Labour Stud 2021; 46(3): 235–47.
- 5 Cañadas-De la Fuente GA, Vargas C, San Luis C, García I, Cañadas GR, De la Fuente EI. Risk factors and prevalence of burnout syndrome in the nursing profession. Int J Nurs Stud 2015; 52(1): 240–9.
- 6 Maslach C, Schaufeli WB, Leiter MP. Job Burnout Annual Review of Psychology. J Organ Behav 2001; 52: 397–422.
- 7 Tucker SJ, Weymiller AJ, Cutshall SM, Rhudy LM, Lohse CM. Stress ratings and health promotion practices among RNs: A case for action. J Nurs Adm 2012; 42(5): 282–92.
- 8 Verougstraete D, Hachimi Idrissi S. The impact of burn-out on emergency physicians and emergency medicine residents: a systematic review. Acta Clin Belgica Int J Clin Lab Med 2020; 75(1): 57–79.
- 9 Masahiro S, Yuko O, Yumiko O, Teruichi S, Tage SK, Toshimasa M. Relationship of Nurse Burnout with Personality Characteristics and Coping Behaviors. Ind Health 2008; 46: 326–35.
- 10 Adriaenssens J, de Gucht V, Maes S. The impact of traumatic events on emergency room nurses: Findings from a questionnaire survey. Int J Nurs Stud [Internet] 2012; 49(11): 1411–22.
- 11 Brinkert R. A literature review of conflict communication causes, costs, benefits and interventions in nursing. J Nurs Manag 2010; 18(2): 145–56.
- 12 Ironside K, Becker D, Chen I, Daniyan A, Kian A, Saheba N, et al. Resident and Faculty Perspectives on Prevention of Resident Burnout: A Focus Group Study. Perm J 2019; 23: 18–185.
- 13 Aydemir O, Icelli I. Burnout: Risk factors. In: Burnout for Experts: Prevention in the Context of Living and Working 2013. p. 119–43.

- 14 Duan N, Hoagwood K. Purposeful Sampling for Qualitative Data Collection and Analysis in Mixed Method Implementation Research. *Adm Policy Ment Heal Ment Heal Serv Res* [Internet] 2015; 42: 533–44.
- 15 พรชัย สิริศิริณกุล. ภาวะหมดไฟในการทำงาน. [Internet]. กรมสุขภาพจิต. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2565]. เข้าถึงจาก: <https://dmh.go.th/news/view.asp?id=2270>
- 16 เบญจมาศ อิ่มมาก. คุณภาพชีวิตและความเครียดในการปฏิบัติงานที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น (วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี; 2558.
- 17 Ansoleaga E. Indicadores de salud mental asociados a riesgo psicosocial laboral en un hospital público. *Rev. Med. Chile* 2015; 143: 47–55.
- 18 Lu D.M, Sun N, Hong S, Fan Y.Y, Kong F.Y, Li Q.J. Occupational Stress and Coping Strategies among Emergency Department Nurses of China. *Arch Psychiatr Nurs* 2015; 29: 208–212.
- 19 Suthum S, Chaiyakul T. Influences of work factor on work stress affecting job performance of operational employees in automotive parts manufacturing industry in laem chabang industrial estate. *Phuket Rajabhat Univ Acad J* 2020; 16(2): 77–95.
- 20 Bishop S.R, Lau M, Shapiro S, Carlson L, Anderson N.D, Carmody J, Segal Z.V, Abbey S, Specia M, Velting D. Mindfulness: A Proposed Operational Definition. *Clin. Psychol. Sci. Pract* 2006; 11:230–241.
- 21 Kuper H, Marmot M. Job strain, job demands, decision latitude, and risk of coronary heart disease within the Whitehall II study. *J. Epidemiol. Community Health* 2003; 57: 147–153.
- 22 Tsutsumi A, Kayaba K, Theorell T, Siegrist J. Association between job stress and depression among Japanese employees threatened by job loss in a comparison between two complementary job-stress models. *Scand. J. Work Environ. Health* 2001; 27: 146–153.
- 23 Kaewrasean P, Archarunroj P. The Relationships Between Work Related Factors, Stress and Performance Efficiency Among Real Estate Company Employees in Bangkok. *Veridian E-Journal, Silpakorn University Humanities, Social Sciences and Arts* 2017; 10(1): 1042-1057.
- 24 Unlamai N, Thermtiptaweekul K, Chienwattanasook K. Stress Management in The Workplace to Maximize Employee Efficiency. *Journal of Management Science Nakhon Pathom Rajabhat University* 2018; 5(1): 104-117.
- 25 เต็มสิริ ป.ปาน. Work Burnout among Dental Nurses in Songkhla Province. *ว.ทันต. สส* 2564; 26:24–36.
- 26 Kristensen TS, Borritz M, Villadsen E, Christensen KB. The Copenhagen Burnout Inventory: A new tool for the assessment of burnout. *Work Stress* 2005; 19(3): 192-207.
- 27 Freudemberger HJ. The staff burn-out syndrome in alternative institutions. *Psychotherapy: Theory, Research & Practice* 1975; 12(1): 73-82.

- 28 Valadez T, Sonia G. Analysis of Burnout Syndrome, Musculoskeletal Complaints, and Job Content in Middle and Senior Managers: Case Study of Manufacturing Industries in Ciudad Juárez, Mexico. *Work* 2017; 58(4): 549–65.
- 29 อติลักษณ์ พุ่มอิม. การพัฒนารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยด้านงาน ความเครียดในการทำงาน ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ของพนักงานในนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ซิตี้. *วารสารวิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน* 2564; 7(2): 122–35
- 30 ทิพย์พัฒน์ เลิศวรายุทธ์, สรา อารณ, ไชยนันต์ แท่งทอง, จุฑาธิป ศีลบุตร. ระดับความเครียดที่เกิดจากการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์. *วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม* 2561; 3(2): 18–26.
- 31 ปาลินี สุขคุ้ม, ศรสวรรค์ สุภาพปัญญา, ยุทธพงศ์ ทัดวอน. การศึกษาแนวทางในการเผชิญความเครียดในยุคชีวิตวิถีใหม่ของพนักงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจังหวัดระยอง. *วารสารบริหารธุรกิจอุตสาหกรรม* 2564; 3(2): 30–45.
- 32 Kaewkiew P. A Study of Stress Levels and Work Efficiency of Teachers of Special Education in the Bangkok metropolitan Area. *Journal of Multidisciplinary in Social Sciences* 2014; 10(1): 59–76.
- 33 Macias V, Sharon C. Burnout Syndrome in Middle and Senior Management in the Industrial Manufacturing Sector of Mexico. *International journal of environmental research and public health* 2019; 16(8): 1–17.
- 34 Maslach C. Job Burnout NewDirections in Research and Intervention. *Curr. Dir. Psychol. Sci* 2003; 12: 189–192.
- 35 Bakker A.B, Demerouti E, Taris A.W.T, Schaufeli W.B, Schreurs P.J.G. A Multigroup Analysis of the Job Demands-Resources Model in Four Home Care Organizations. *Int. J. Stress Manag* 2003; 10: 16–38.
- 36 Javanshir E, Iman D, Mohammad A.J. Psychometric Properties of the Iranian Version of the Copenhagen Burnout Inventory. *Health Promotion Perspectives* 2019; 9(2): 137–42.

Research Article

Quantification of iodine in salt, foods; and determination of knowledge and pattern of consumption of iodine containing food materials in Sokoto State, Nigeria

Aminu Umar Imam¹ Yusuf Sarkingobir^{2*} and Ummu Tukur³

¹Department of Biochemistry, Sokoto State University, Sokoto, Nigeria

²Department of Environmental Education, Shehu Shagari University of Education Sokoto, Nigeria

³Department of Biology, Shehu Shagari University of Education Sokoto, Nigeria

*Corresponding author email: superoxidedismutase594@gmail.com

Date Received

October 2, 2023

Date Revised

February 8, 2024

Date Accepted

February 8, 2024

Abstract

The objectives were to assess iodine in food materials and commercial salts in Sokoto; assess consumption of iodine rich foods, and assess knowledge about iodine nutrition. Questionnaire was utilized to collect the qualitative data, and levels of iodine were determined with standard methods. The design was done in quasi experimental fashion. All study subjects passed through these stages of grouping exercise namely, pre-test group, Intact group and post-test group design. The levels of iodine in foods taken by respondents have shown disparities and all the iodine values across zones of the state are sufficient. Fish has the highest iodine (56.0 ± 7.01 - 100.1 ± 0.01 ppm), then egg (50.1 ± 0.01 - 60.0 ± 0.01 ppm), then vegetable (39.5 ± 0.01 - 47.3 ± 6.1 ppm), followed by chicken (32.7 ± 5.01 - 45.0 ± 0.001 ppm), and lastly, milk (17.0 ± 4.01 - 32.6 ± 5.01 ppm). Most of the salts contain adequate iodine. The pattern of the use of salt shows that, about 70% of respondents in Central Sokoto Zone (CSZ), 67.8% in Eastern Sokoto Zone (ESZ) and 69.6 % Western Sokoto Zone (WSZ) sometimes add salt to their meals. The consumption of iodine rich foods reveals, vegetables were the most consumed iodine containing food materials (compared to those that avoids vegetables in the zones of the state), the eggs, followed by milk, and lastly fish. Mostly, there are enough iodine in salts, enough consumption of iodine rich foods, and poor iodine nutrition education among the respondents. More iodine awareness is needed in the state.

Keywords: Iodine; salt; chicken; vegetables; thyroid; goiter

Introduction

In most of the cases, iodine is imported into the human body through the foods such as vegetables, salt, meat, egg, etc in forms such as iodides, iodates, molecular iodine, and organic monoatomic iodine. Firstly, iodine has to be trapped when iodine is moved from the capillary into the follicular cells of the

thyroid gland using an active transport system powered by ATPase dependent Na^+/K^+ pump [1, 2]. Secondly, thyroglobulin is made in an independent process in the follicular cell of the thyroid. This step begins on the rough endoplasmic reticulum via the peptide units (of about 330, 000 weight). In turn, the units formed a dimer, then incorporation of moieties of carbohydrate; then the molecule is taken to the Golgi body. A complete thyroglobulin has 140 tyrosine residues embedded to act as substrate in the manufacturing of thyroid hormones [1,2]. The thyroglobulin is stored in little vesicles that in turn reached the apical surface of the plasma membrane and then released to the lumen of the follicular. Thirdly, oxidation of iodide occurs. The iodide of the follicular is shuttle to the apical surface of the plasma membrane to reach the lumen, a shuttle facilitated by iodide/chloride transporter dubbed as pendrin. Then, the iodide is hastily converted to iodine. Then organification of thyroglobulin, and iodination of tyrosine present in the thyroglobulin take place. Invariably, addition of iodine at position 3 formed monoiodotyrosine (MIT), and incorporation at position 5 yield diiodotyrosine (DIT). Coupling reaction that involves two DIT joining to T_4 hormone, one MIT joined two DIT to form T_3 . Then thyroid hormones are preserved in the thyroid follicles in the colloidal state for a period of months

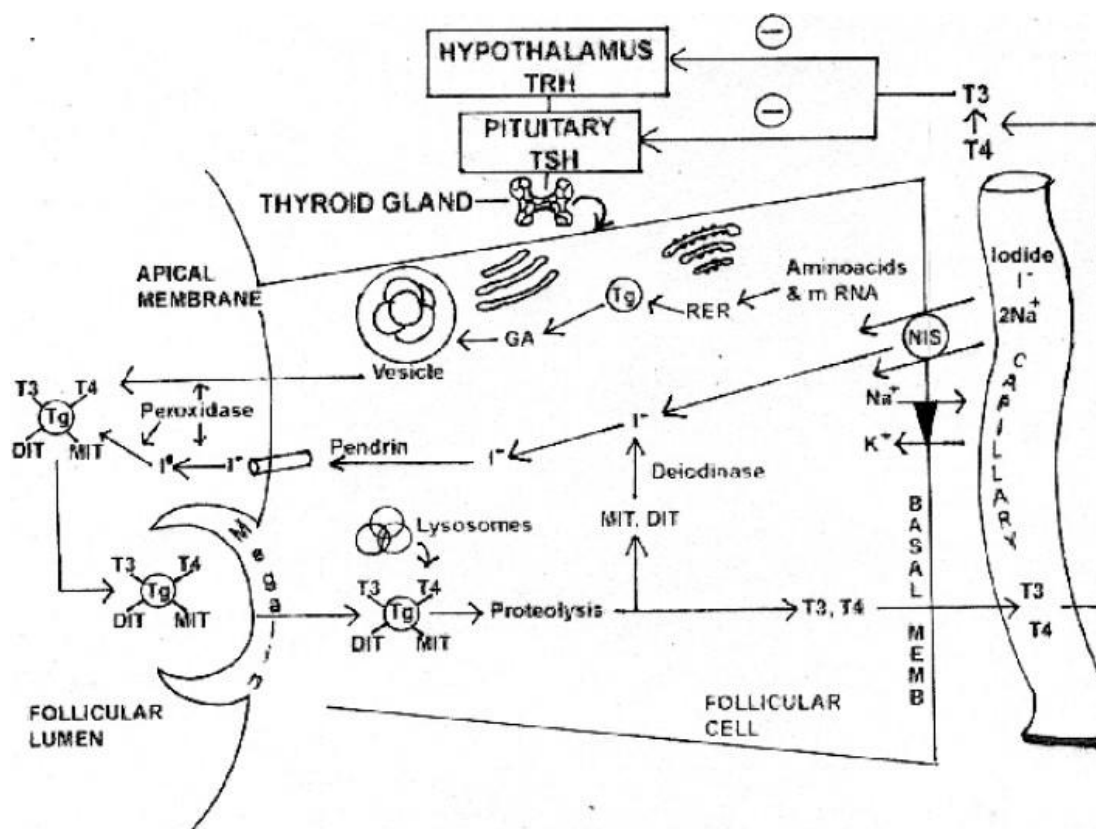


Figure 1 Showing metabolic pathways of iodine, Source: Ahad & Ganie, 2010

However, iodine deficiency occurs when there is insufficient iodine intake or inadequate iodine utilization [1,2]. Consequently, the essentiality of iodine as a micronutrient cannot be overemphasized. It is required by the human body to manufacture hormones, thyroxine, and triiodothyronine that are needed to regulate metabolism in cells during the transmogrification of oxygen to energy calories. The body cannot produce this vital element, rather obtained it from the foods that are available in the environment. The element is likewise an essential thing needed for normal development of brain, especially in children, and fetus [3].

However, lack of iodine in enough amount is a concern that results in many adverse consequences in human biological system and in turn affecting development, growth, and functions. The consequences due to iodine insufficiency are diverse such as endemic goiter, cretinism, hypothyroidism, low fertility, reduced intelligence, stillbirth, deaf-mutism, miscarriage, brain damage etc [4,5].

Worldwide, about 1.6 billion people are taking food that contains insufficient iodine, and in turn a public health concern that can be remedied by application of some amounts of iodine in salts or food or by taking food that contains iodine residues. Salt is a good carrier of iodine because most of the people take it regularly and it is a cheap commodity in the market. Other sources of iodine such as food, vegetable, fruit, meat, egg, milk are not the actual manufacturers of iodine because there are no enzymes to assemble the element from preformed materials rather the element was absorbed from the environment. Plants, for example got the element through water, soil. Likewise, animals take in plants, water, and other animals to supply the iodine into the body. In turn, the humans find the element through the food chain involving animals and plants [5,6,7,8].

Meanwhile, a surf of iodine and related studies across various parts of the world has shown that there is need to monitor the levels of iodine in common salts and the attitudes and practice of users of salts. Parable, Naeem et al., (2021) [7] performed a study on biofortification of rice variant with micronutrients including iodine, and found that the method is a good idea to tackle hunger and micronutrients deficiency as well. In a Southeastern study, it was revealed that, spices, grains, and vegetables are significant suppliers of iodine to the populace in the area especially the urban people [9]. Habib et al., (2021) [10] reported that, health education pertaining iodine should be inculcated in education avenues of the public and at community/ household levels. Likewise, a study from Kenya depicted that, there a challenges to universal salt iodization such as insufficiency of common salt iodization, poor implementation of iodine iodization laws, poor storage of salts, limited iodine nutrition knowledge, and expensive imported iodized salts [11]. In a study from Ghana, it was decried that, despite the formation of policies to tackle iodine levels in salts, the contents of iodine in salts in the study area were not appreciable. In turn recommending the regular checks on iodine content of sold salts and regular training of sellers on ways to preserve iodine content of salts [12].

Nevertheless, Umenwanne & Akinyele (2000) [13] decried that high iodine deficiency, lack of information in South-Eastern part of Nigeria are rampant. An analysis of iodine in the environmental sources in some villages of Anambra state, Nigeria was performed by Olife & Anajekwu (2013) [14]; therewith,

cassava (a major foodstuff in that part of Nigeria) contains lower iodine (compared to the recommended standard) due to goitrogenic contents that aggravate iodine deficiency. Emilike et al., (2017) [3] in their work on effect of storage on salt iodine levels in Portharcourt, Nigeria decried that, storage of salts in open market styles (major markets in Nigeria) induces reduction in salt iodine concentrations, albeit salt is a major tool for intervening against iodine deficiency disorders in developing countries of the world. [15] in their study of iodine deficiency in children in Ilorin, Nigeria show that, a quarter of the participants still suffer from mild iodine deficiency despite the prevailing policies aimed at surmounting the problem. Moreover, a study concerning iodine deficiency among pregnant women attending a university hospital in Rivers state, Nigeria, indicates a predominant prevalence of iodine deficiency stressing the need for urgent supplementation [16]. A study from northern part of Nigeria, Sokoto Nigeria, shows that, inadequate iodine correlates with poor academic performance in girl children [17]. Likewise, a study of effects of goitrogens on iodine in various water sources in Sokoto, Nigeria, shows that water iodine concentrations in different zones of the state were mostly lower than the recommended standard amounts [18]. Thus, it has shown that monitoring iodine levels, knowledge and attitudes are vital in the policies to tackle iodine deficiency.

Objectives

To assess iodine in food materials and sold salts in Sokoto, investigate consumption of iodine rich foods, and assess knowledge about iodine nutrition.

Methodology

The study was carried out in Sokoto state, Nigeria. The exact location of the study was shown by the map in the Figure 2.

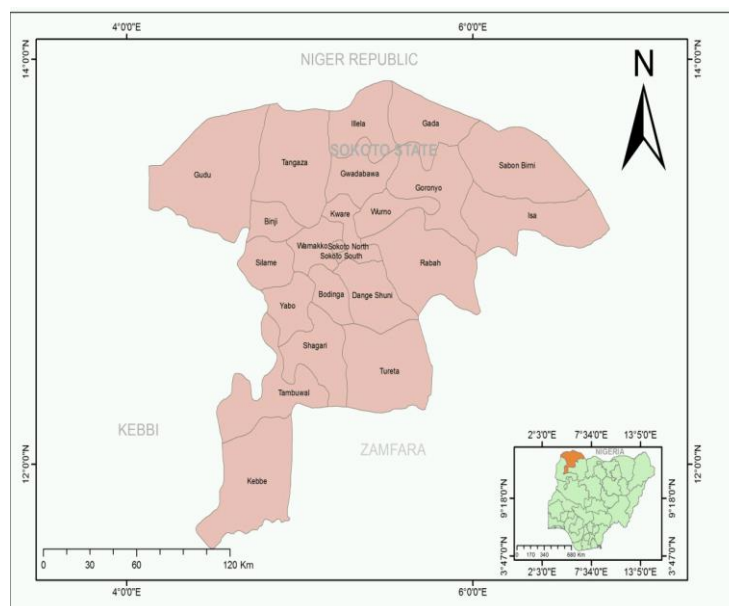


Figure 2 Map of the study location; Source: Sarkingobir et al (2023) [19].

Data collection

A structured questionnaire was employed among the participants and recorded their demographic characteristics, consumption of presumed iodine containing foods, and knowledge of iodine nutrition. Preliminarily, the questionnaire asked about the characteristic demographics of the participants. Section B asked about dietary styles of the participants. Section C asked about iodine deficiency knowledge. The sample size utilized was 246 participants.

Determination of iodine in salt

Procedure

Prior to taking a 10 g salt sample for analysis, the salt was thoroughly mixed in tightly sealed plastic bags to ensure that the iodine is homogeneously distributed in the salt. Ten grams (10g) iodated salt were dissolved in 50 ml distilled water, from which an aliquot (50 ml) was analyzed as mentioned in the titration step, without adjusting the concentrations of the reagents or calculation [4].

Titration

Once the salt was dissolved in the measured amount of water, sulfuric acid (1–2 ml) and potassium iodide (5 ml) were added to the salt solution. The reaction mixture was then kept in a dark place (with no exposure to light) for 5 to 10 minutes to reach the optimal reaction time, before titration with sodium thiosulphate using starch (2 ml) as the indirect indicator. The solution turned deep purple. Titration was continued until the purple coloration disappeared and the solution became colorless. The concentration of iodine in salt was calculated based on the titrated volume (burette reading) of sodium thiosulphate using to the formula mentioned below

Iodine (ppm) = Titration volume in ml $\times$ 21.15 $\times$ normality of sodium thiosulphate $\times$ 1000 (Muleta & Kibatu, 2016) [4].

Salt sample

Determination of Iodine content in fish, egg, fruit/vegetable, milk, chicken/meat

Iodine in foods (fish, egg, vegetables, milk, chicken) was determined using atomic absorption spectroscopy (AAS) as reported in Umar et al., (2023) [20].

Ethical Approval

This study was conducted according to guidelines that do not violate the rights of human subjects in research works. Equally, approval was sought from the Ethical Committee of the Department of Biochemistry, Usman Danfodiyo University, Sokoto. Additionally, the Ministries of Education and Health of Sokoto State approved the conduct of this study as well.

Statistical analysis

The descriptive statistics, chi-square test, and one-way analysis of variance were carried out at ($p < 0.05$) significance level using Microsoft excel.

Results and discussion

The results for this study were shown in Tables 1-5.

Table 1 Showing demographic characteristics of respondents

Demographic characteristics	Central Sokoto Zone (CSZ)		Western Sokoto Zone (WSZ)		Eastern Sokoto Zone (ESZ)	
	No of Subjects (Percentage (%))		No of Subjects (Percentage (%))		No of Subjects (Percentage (%))	
Age						
14	20	(24.1)	25	(31.6)	25	(29.8)
15	24	(28.9)	23	(29.1)	23	(27.4)
16	20	(24.1)	19	(24.1)	20	(23.8)
17	19	(22.9)	12	(15.2)	16	(19)
Religion Islam	68	(81.9)	69	(87.3)	72	(85.7)
Christianity	15	(18.1)	1	(12.7)	12	(14.3)
Tribe						
Hausa	38	(45.8)	42	(53.2)	39	(46.4)
Yoruba	4	(4.8)	3	(3.8)	1	(1.2)
Igbo	3	(3.6)	2	(2.5)	1	(1.2)
Fulani	18	(21.7)	19	(24.1)	8	(9.5)
Gobirawa	16	(19.3)	8	(10.1)	29	(34.5)
Others	4	(4.8)	5	(6.3)	6	(7.1)
Class						
S.S.I	46	(55.4)	49	(62)	50	(59.5)
S.S.II	37	(44.6)	30	(38)	34	(40.5)

The demographic characteristics of the study subjects are shown in Table 1. More than half (141 subjects) of 246 study participants were aged between 14 to 15 years (of which 53% are from SCZ, 60.7% from WSZ and 57.2% from ESZ). Less than half (106 subjects) of 246 study subjects were within the age bracket of 16 to 17 years of which 47% were in SCZ, 39.3% in WSZ and 42.8% in ESZ. Mostly, the participants are Muslims, most of the participants are Hausa by tribe, others are Fulani, and few are Igbo and Yoruba by tribe. And the participants in Senior Secondary One (SS1) are more than those in Senior Secondary 2 (SS2). Showing that, they are at stages of development that require enough nutrients for

proper growth and development. Failure to acquire proper and enough nutrients may have life-long consequences as well and hamper the socioeconomic potentials of the youngsters and ultimately affect the entire society.

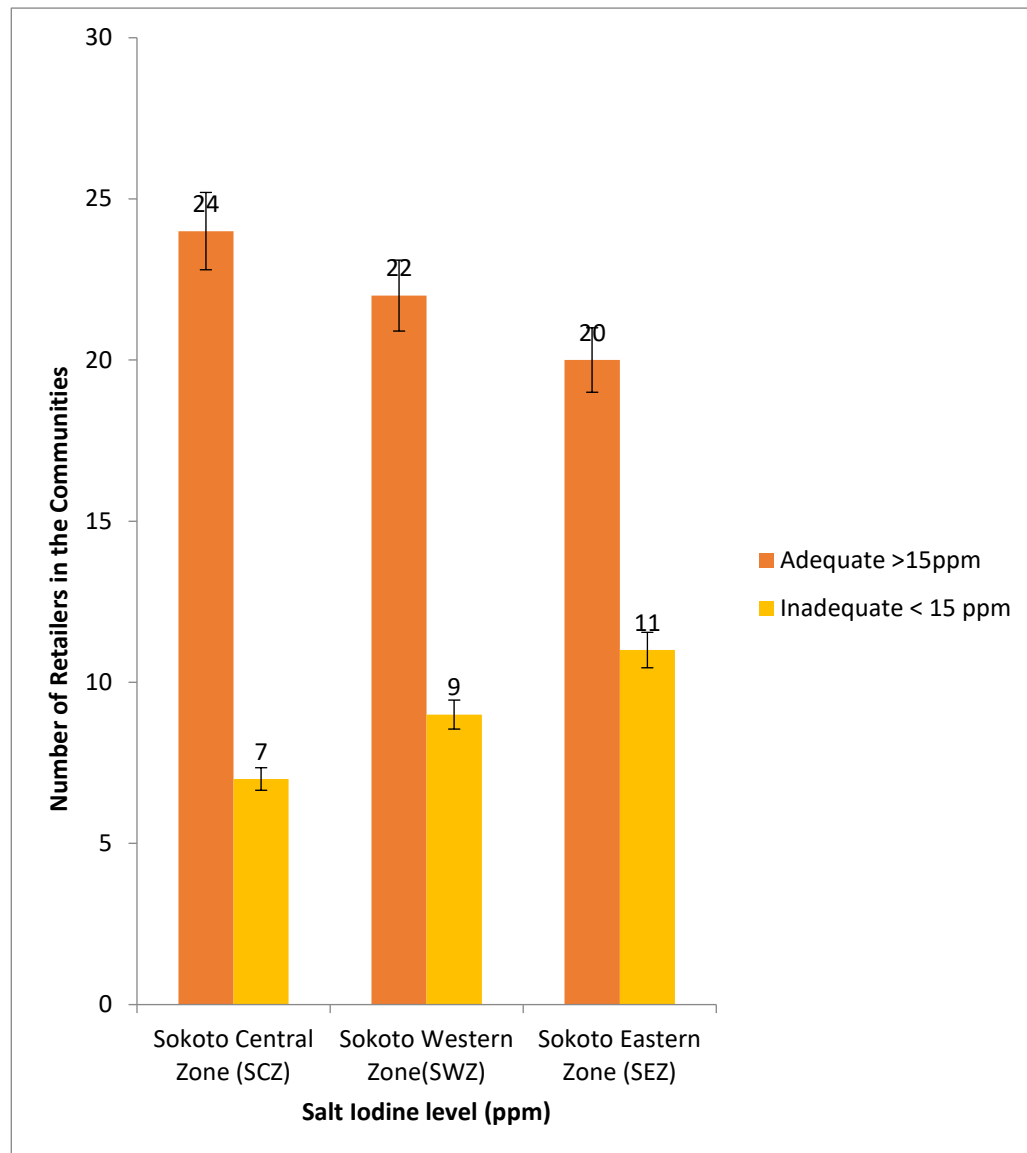


Figure 3 Iodine levels of salts obtained from Retailers in selected communities in SCZ, SWZ and SEZ showing the proportion of iodine level in salt samples with various degree of iodine status. Inadequate iodine level in salt (<15ppm) and adequate iodine level (>15ppm)

From the Figure 3, it has been shown that, majority of the salts obtained from retailers contain adequate amount of iodine. Few of the salts drawn from various regions of Sokoto were having inadequate iodine levels (below 15 ppm), with salt brought from Sokoto East as having the highest iodine insufficiency (below 15 ppm). Similar to the findings of this study, a recent study conducted by Moyibo (2018) [21] has

shown that there is continuous compliance in adding enough iodine in salts that is with the hands of retailers in Nigeria. However, the levels of iodine found by this study (Figure 3) are lower than the range found by Moyibo (2018) [21] and Emelike et al., (2017) [3]. This could be due to difference in brands, length of storage, diverse storage methods, and diverse processing of salts that were analyzed in the two different studies [3,21]. Salts that are stored under sunlight or wind experience reduction in some amount of iodine content [3,21]. The presence of enough iodine in most of the salts in the state should be properly utilized to inform the public to take in enough salt to avoid iodine deficiency, because lack of awareness could deter people from using enough salts. Likewise, the presence of low iodine in some salts corroborates with the view of Fan et al., (2022) [5] that some salts are not fortified even in developed countries like China. In a similar study in Kenya, it was reported that some of the salts analyzed contain no iodine [4]. The few salts with low iodine should be shun or people need to take other measures to improve their iodine levels by taking other iodine rich foods and avoiding goitrogens as able as possible. all of these cannot be achieved except with awareness or health education among the residents [5]. Universal application of iodine in salts in a view to address iodine deficiency is a historic tradition because both low and excess iodine situations are behind thyroid diseases or iodine deficiency; and even mild iodine deficiency is harmful to health, therefore it is pertinent to take right amount of iodine intake always especially the one taken in salts that are common [5].

Table 2 Pattern of Use of salt by Study Subjects in Three Zones of Sokoto State

Variable	Central Sokoto Zone Frequency (%)	Western Sokoto Zone Frequency (%)	Eastern Sokoto Zone Frequency (%)
Pattern Salt addition			
Sometimes			
Never	64 (77.1)	55 (69.6)	57 (67.8)
Often	12 (14.5)	20 (25.3)	23(27.4)
Rarely	4 (4.8)	3 (3.8)	2 (2.4)
	3 (3.6)	1(1.3)	2(2.4)
Type of salt used			
Iodized	75(90.4)	67(84.8)	66(78.6)
Non iodized	8(9.6)	12(15.2)	18(21.4)

The pattern of the use of salt by the study subjects is presented in Table 2. About seventy percent (77.1%) of subjects in CSZ, 69.6 in WSZ, 67.8% in both ESZ sometimes add salt to their meals. Subjects that never added salt to their meals in CSZ, WSZ and ESZ were 14.5%, 25.3% and 27.4% respectively. Nearly five percent (5%) in CSZ, 3.8% in SWZ and 2.4% of subjects in ESZ of Subjects often added salt to their meal while 3.6%, 1.3% and 2.4% in CSZ, WSZ and ESZ rarely add salt to their meals. From this, it has been shown that a significant portion of respondents uses salt in their diet, which in turn will serve as a

potential source of iodine to them. However, their low awareness about iodine nutrition could be the factor spurring non-use of salt all the times. Therefore, it is very possible that when the respondents are giving health education about iodine intake in salts, they would be adding salt to their diet always [22].

Table 3 Consumption of Iodine Rich Foods by Study subjects in Sokoto, Nigeria

Food types	Central Sokoto Zone (CSZ)	Western Sokoto Zone (WSZ)	Eastern Sokoto Zone (ESZ)
Chicken			
Eat	73(87.0)	67(84.8)	71(84.5)
Avoid	10(12.0)	12(15.2)	13(15.5)
Fish			
Eat	60(72.3)	61(77.2)	59(70.2)
Avoid	23(27.7)	18(22.8)	25(29.8)
Egg			
Eat	69(83.0)	68(86.1)	74(88.1)
Avoid	14(16.9)	11(13.9)	10(11.9)
Milk			
Eat	68(83.1)	62(78.5)	62(73.8)
Avoid	15(18.1)	17(21.5)	22(26.2)
Vegetables			
Eat	78(93.9)	76(96.2)	80(95.2)
Avoid	5(6.2)	3(3.8)	4(4.8)

The consumption of iodine rich foods by the study subjects is presented in Table 3. This study finding in Table 3 indicates that vegetables were the most consumed iodine containing food materials (95.1% compared to those that avoid vegetables in the zones of the state), the eggs (85.8%), followed by milk (78.0%), and lastly fish (73.2%). All those food materials are mostly cheap and very accessible to consumers; hence, serve as good materials for intervention against iodine deficiency, people need to be aware about good diets that are cheap and local. It is pertinent that, iodine should be added to various food materials taken by humans to address the issue of iodine deficiency [4]. In Table 3, it has indicated a combination of diverse food types that are important to supply iodine to the human body when consumed. All these classes (vegetable, egg, chicken, fish, and milk) are good materials containing iodine. This is similar to what was reported in a study in China that reveals diverse food materials that contain iodine for human intake to tackle iodine deficiency issue [8]. All these sources of iodine (fish, chicken, fruit, vegetable) are not the actual manufacturers of iodine because they don't have the assembly of enzymes that make the element in the body. However, they also imported the element through their environmental sources such as water, soil, and food [8]. Therefore, the consumption of diverse food materials containing of iodine and

salts containing enough iodine should serve as recipe for tackling iodine deficiency in the state. However, the presence of goitrogens in other food sources (including water) in the state, and excess iodine intake could spur iodine deficiency as well.

Table 4 Showing some levels of iodine in certain food materials in Sokoto, Nigeria

Food Types	Central Sokoto Zone (CSZ)	Western Sokoto Zone (WSZ)	Eastern Sokoto Zone (ESZ)
	Concentration of iodine in ppm	Concentration of iodine in ppm	Concentration of iodine in ppm
Meat/Chicken	34.6 ± 0.001	32.7 ± 5.01	45.0 ± 0.001
Fish	100.1 ± 0.01	56.0 ± 7.01	39.5 ± 5.1
Egg	60.0 ± 0.01	45.9 ± 0.001	50.1 ± 0.01
Milk	32.6 ± 5.01	17.0 ± 4.01	23.5 ± 0.1
Fruit/Vegetable	39.0 ± 5.01	39.5 ± 0.01	47.3 ± 6.1

Values are expressed as mean ± standard deviation

From Table 4, the levels of iodine in different food materials taken by respondents in Sokoto are shown with disparities. It was also revealed that all the iodine values across zones of the state are not iodine deficient, because the values are greater than 15ppm. Fish has the highest iodine (56.0 ± 7.01- 100.1 ± 0.01ppm), followed by egg (50.1 ± 0.01-60.0 ± 0.01ppm), then vegetable (39.5 ± 0.01-47.3 ± 6.1ppm), followed by chicken (32.7 ± 5.01-45.0 ± 0.001ppm), and lastly, milk (17.0 ± 4.01 - 32.6 ± 5.01ppm). All these sources found their iodine content from the natural environment or deliberate addition during preparation [2].

Table 5 Distribution of Subjects on Knowledge of Iodine Nutrition across the Three Zones of Sokoto State

	Central Sokoto Zone (CSZ)	Western Sokoto Zone (WSZ)	Eastern Sokoto Zone (ESZ)
	No of Subjects (Percentage)	No of Subjects (Percentage)	No of Subjects (Percentage)
Have basic knowledge of iodine nutrition	13 (15.7)	9 (11.4)	6 (7.1)
Have no basic knowledge of iodine nutrition	70 (84.3)	70 (88.6)	78 (92.9)

The distribution of knowledge of iodine nutrition among study subjects in the three zones of Sokoto State is presented in Table 5. Few number (28 out of 246, that is 11.4%) among the study subjects in the three zones knew some basic knowledge of iodine nutrition. Specifically, based on every zone, they make up 15.7% in CSZ, 11.4% in WSZ and 7.1% in ESZ. Eighty-four percent (84%) of the subjects in CSZ, 88.6% in WSZ and 92.6% in ESZ lacked the basic knowledge of iodine nutrition. This study finding is dissimilar to a study from Bangladesh that reported good knowledge of diet among the participants (that did not influence a positive action). Therefore, there is need for massive awareness creation among the residents about the importance of iodine, intake of good iodine amount, and types of cheap foods that have iodine among others [10]. From the findings of this study, it was revealed that, the salts been sold in the state, and the commonly foods are rich in iodine above 15ppm. The iodine in foods is obtained through the environment because no animal or plant food can manufacture iodine instead relied on the water, food, soil, and related sources of iodine [2, 23]. However, there is poor knowledge of iodine nutrition among the respondents in Sokoto, Nigeria. Considering the vital roles of iodine in human body it is a glad tiding to see the foods have enough iodine. The iodine is important for example in the thyroid hormones, and thyroxine. However, other substances in the food of humans such as goitrogens and antinutrients could significantly impair the intake of sufficient iodine from foods and spur iodine deficiency [2, 8, 19, 20, 24, 25, 26]. Therefore, it is better to note these possible substances and inform the public on how to tackle them properly; but the iodine nutrition education in the state was low, then there is need for intensive efforts to apply community acceptable strategies to create awareness among the residents of the state.

Conclusion

Iodine is very essential to humans especially the young ones and have to be imported through the food. Therefore, there is need to analyzed the attitude and actions of consuming iodine in foods and the levels of iodine in common food (that is the salt). This study has revealed that, there are enough iodine in salts sold in Sokoto state in most cases; there is enough consumption of presumed iodine containing foods; and very poor iodine nutrition knowledge. More efforts are needed to create awareness about consumption of iodine rich foods, and consumption of salts for the sake of iodine.

References

- 1 Ahad, K. & Ganie, K. Iodine, iodine metabolism and iodine deficiency disorders revisited. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2010 14(1), 13-17.
- 2 Sorrenti, S., Baldini, E., Pironi, d., Lauro, A., D Orazi, V., Tartaglia, F., Tripodi, D., Lori, E., Gagliardi, F., Pratico, M et al. Iodine: its role in thyroid hormone biosynthesis and beyond. *Nutrients*.2021, 1394469, 1-11. <https://doi.org/10.3390/nu13124469>.

- 3 Emelike, N.J.T., Achinewhu, S.C., & Ebere, C.O. Effect of storage on the iodine content of some table salts sold at a local and super market in Port Harcourt, Nigeria. *Sky Journal of Food Science*.2017, 6(1), 1-6.
- 4 Muleta, F., & Kibatu, G. Analysis of iodine deficiency disorders and iodized salt consumption levels among school children in Amuma and Minjo Districts in Beneshangul Gumuz, Ethiopia. *Advances in Life Science and Technology*.2016, 50, 1-9.
- 5 Fan, L., Du, Y., Meng, F., Liu, L., Li, M., Liu, P., & Sun, D. How to decide the iodine content in salt for a country- China as an example. *Nutrients*.2022, 14(4606), 1-12.<https://doi.org/10.3390/nu14214606>.
- 6 Diosady, L.I., Alberti, J.O., Venkatesh Mannar, M.G., & Stone, T.G. Stability of iodine in iodized salt used for correction of iodine-deficiency disorders. *Food and Nutrition Bulletin*.1997, 18(4), 1-9.
- 7 Naeem, A., Aslam, M., Ahmad, M., Asif, M., Yazici, M.A., Cakmak, I., & Rashid, A. (2021). Biofortification of diverse Basmati Rice cultivars with iodine, selenium, and zinc by individual and cocktail spray of micronutrients. *Agronomy*, 12(49), 1-16.<https://doi.org/10.3390/agronomy12010049>.
- 8 Wang, Z., Wanu, J., XU, W.S., Li, X.W., Zhao, J., Wang, G.D., & Yang, X.G. iodine content of processed foods and condiments sampled in China, 2017-2019. *Food and Nutrition Sciences*.2021, 12,1217-1231. <https://doi.org/10.4236/fns.2021.1212089>.
- 9 Ujowundu, C.O., Kalu, F.N., Nwosunjoku, E.C., Nwaoguikpe, R.N., Okechukwu, R.I., & Igwe, K.O. Iodine and inorganic mineral contents of some vegetables, spices, and grains consumed in Southeastern Nigeria. *African Journal of Biochemistry Research*.2011, 5(2), 57-64.
- 10 Habib, M.A., Alam, M.R., Ghosh, S., Rahman T., Reza, S., Mamun, S. Impact of knowledge, attitude and practice on iodized salt consumption at the household level in selected coastal regions of Bangladesh. *Heliyon*.2021, 7(e06747), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e006747>.
- 11 Katongo, C., Kabaghe, C.G., Mubanga, F. M., & Siamusantu, W. Prevalence of iodine deficiency among school children and access to iodized salt in Zambia. *African Journal of Food and Agriculture*.2017, 17(4), 12628-12640. doi.10.18697/ajfand.80.16275.
- 12 Appiah, P.K., Fenu, G.A., & Yankey, W. Iodine content of salt in retail shops and retailers knowledge on iodized salt in Wa East District, Upper West Region, Ghana. *Journal of Food Quality*.2020, <https://doi.org/10.1155/2020/6053863>.
- 13 Umenwanne, E.O. & Akinyele, I.O. Inadequate salt iodization and poor knowledge attitudes, and practices regarding iodine deficiency disorders in an area of endemic goitre in South-Eastern Nigeria. *Food and Nutrition Bulletin*.2000, 21(3),311-315.
- 14 Olife, I.C. & Anajekwu, B.A. Iodine and selenium distribution in the local environment of selected villages in Anambra state, Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*.2013, 3(5), 116-119.

- 15 Yetunde, OT, Omotayo AO, Rasag OR, Adeola O, Rasheedat IM, Sikiru BA, Emmanuel AD, Samuel EK(2020). Urinary iodine levels of primary school children in Ilorin, Nigeria. ANAMED.2020, DOI:10.24125/sanamed.v15il.396.
- 16 John, O.C., Otoide, O.A., & Omoruyi S.A. Assessing the trend of iodine deficiency among antenatal patients of the university of Port harcourt teaching hospital. *International Journal of Science and Research Archive*.2022, 7(1),123-129.
- 17 Umar, A.I., Umar R.A., Wasagu, R.S.U., & Oche, M.O. Assessment of iodine levels of secondary schools girls in Sokoto state, Nigeria. *International Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2018, 2(2),28-34.
- 18 Umar A I., Labbo, A.M., Sumayya, A.A., Zainab, H.B., Sarkingobir, Y., Umar, A.I., & Dikko, M. Effects of Some Goitrogens on Iodine distributions in Pipe-borne Water, Borehole Water and Well Water of Sokoto State, Nigeria. *International journal of Pure and Applied Science*.2021, 21 (9), 29 – 40.
- 19 Sarkingobir, Y., Umar, A.I., Gidadawa, F.A., & Miya, YY. Assessment of food security, living condition, personal hygiene health determinants and relations among *Almajiri* students in Sokoto metropolis, Nigeria. *Thu Dau Mot University Journal of Science*.2023, 5(1), 63-76.
<https://doi.org/10.37550/tdmu.EJS/2023.01.372>.
- 20 Umar, A.I., Sarkingobir, Y., Miya, Y.Y., Livinus, R., Abubakar, M., & Ladan, Z.A. Iodine, And Selected Goitrogens Measured in Some Common Grains from Sokoto Zones, Nigeria. *Thu Dau Mot University Journal of Science*.2023, 5(2), 210-219. <https://doi.org/10.37550/tdmu>.
- 21 Moyibo, O.K. Iodine content of branded iodized Nigerian table salt: ten years after USI Certification. *Nigerian Journal of Chemical Research*.2018, 23(1),10-20.
- 22 Duborska, E., Sebesta, M., Matulova, M., Zverina, O., & Urik, M.(2022). Current strategies for selenium and iodine biofortification in crop plants. *Nutrients*, 14(4717), 1-20.<https://doi.org/10.3390/nu14224717>.
- 23 Fuge, R., & Johnson, C.C. Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review. *Applied Geochemistry*.2015, 63, 282-302.<https://dx.doi.org/10.1016.j.apgechem.2015.09.2013>.
- 24 Sarkingobir, Y., Umar, A.I., Miya, Y.Y., Hamza, A., Tambari, U., Sule, I.F., & Magori, D.Z. Determination of Selected Essential (Copper, Zinc) And Non-Essential (Lead, Chromium, Cadmium) Heavy Metals in Some Single-Use Plastics from Sokoto Metropolis, Nigeria. *Journal of Materials and Metallurgical Engineering*.2022, 12(3), 29-37.
- 25 Umar, A.I., & Sarkingobir, Y. Evaluation of some antinutritional and goitrogenic components of cannabis consumed in Sokoto, Nigeria. *Chukurova University Journal of Natural and Applied Sciences*.2023, 2(2), 11-16.
- 26 Wisnu, C. Determination of iodine species content in iodized salt and foodstuff during cooking. *International Research Journal*.2008, 15920, 325-330.

บทความวิจัย (Research Article)

ออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรงของชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชัน

Design and development of Stingless Bee Honey Soap Packaging of
Songklong Floating Wat Taling Chan Market

พิเชฐ มีมะแม¹, กฤติธฤต ทองสิน¹ และ ราชนิรันดร์ ดวงชัย^{1*}

Pichet Meemamae¹, Kridtharit Thongsin¹ and Rachanirun Dongchi^{1*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

¹Faculty of Engineering and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

*Corresponding author email: rruunn111@gmail.com

วันที่รับบทความ (Received)

8 สิงหาคม 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

27 มกราคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

17 กุมภาพันธ์ 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ชุมชนตลาดน้ำสองคลอง วัดตลิ่งชัน วิธีดำเนินการวิจัยมี 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลทั่วไปของบรรจุภัณฑ์บรรจุภัณฑ์สบู่ชันโรง การศึกษาแนวทางการออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์ การศึกษาและการพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์สบู่ชันโรง การออกแบบบรรจุภัณฑ์ แนวคิดการออกแบบตราสัญลักษณ์และกราฟิกบรรจุภัณฑ์สบู่ชันโรง และการออกแบบตราสัญลักษณ์กราฟิกและบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์สบู่ชันโรง ผลการวิจัยพบว่า วัสดุที่เหมาะสมสำหรับการนำมาออกแบบและพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์บรรจุภัณฑ์สบู่ชันโรงคือ กระดาษคราฟท์ และแผ่นใส การออกแบบบรรจุภัณฑ์ต้องมีรูปแบบที่ชวนให้สนใจ บรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เกิดประโยชน์ใช้สอยได้ ตราสัญลักษณ์และกราฟิกบรรจุภัณฑ์ต้องเป็นไปตามหลักการใช้สี รูปทรงของตราสัญลักษณ์มาจากผึ้ง ตัวผึ้ง รังผึ้ง รูปทรงจากพืชที่เป็นส่วนผสม สมุนไพร ผลไม้ จากส่วน ใบ ดอก ต้น รูปทรงจากเรขาคณิต ใช้สีพื้นหลังสีเหลืองครีม ตัวหนังสือสีดำตัดกันกับพื้นหลัง รูปแบบอักษรใช้อักษรที่มีความเป็นเอกลักษณ์คล้ายรังผึ้ง หกเหลี่ยม รูปภาพประกอบใช้เป็นภาพถ่ายรังผึ้งและผึ้งกำลังทำงาน เพื่อให้เน้นความสมจริงของความรู้สึกถึงธรรมชาติ และมีส่วนน้ำสีขาวเป็นลายเรขาคณิตรูปหกเหลี่ยมคล้ายรังผึ้ง

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนา, บรรจุภัณฑ์, สบู่ชันโรง, ชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชัน

Abstract

The objectives of this research are to design and develop Stingless Bee Honey Soap Packaging of Songklong Floating Wat Taling Chan Market. The research method consists of 6 steps: A study of general information on packaging of stingless honey soap packaging, Study of packaging design and development guidelines, Study and development of honey soap packaging, Design packaging, Design Logo design concept and packaging graphics for honey stingless soap and logo design graphics and packaging of honey soap products. The results revealed that The suitable materials for the design and development of stingless honey soap packaging are kraft paper and transparencies. Packaging design must have an attractive form.

The packaging is suitable for the product, useful. Logos and packaging graphics must adhere to color principles. The shape of the logo comes from the bee, the bee, the honeycomb shapes from plants that are a mixture of herbs, fruits from the leaves, flowers and stems and shapes from geometry. Use a creamy yellow background color, The black text contrasts the background, The typeface uses a font that is hexagonal, similar to a hexagonal honeycomb, The illustrations used are honeycomb photos and the bees working to emphasize the realism of the feel of nature and there is a white watermark in a hexagonal geometric pattern similar to a honeycomb.

Keywords: Design and development; Packaging; Stingless Bee Honey Soap; Songklong Floating Wat Taling Chan Market

บทนำ

ตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชัน จัดเป็นตลาดน้ำชุมชนน้องใหม่แห่งที่ 5 ของเขตตลิ่งชัน โดยที่ชุมชนมีการบริหารจัดการตนเองเพื่อประโยชน์ในการสร้างเศรษฐกิจที่ดีให้กับชุมชนโดยตรงอีกทั้งตลาดแห่งนี้เป็นตลาดที่ผสมผสานวิถีชีวิตริมน้ำของชาวบ้านกับธรรมชาติ จากสภาพปัญหาปัจจุบัน พบว่า ตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชันมีผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เป็นสบู่ น้ำผึ้งชันโรง ประเภท สบู่ก้อน สบู่เหลว เพื่อจำหน่ายอยู่จำนวนมาก แต่มียอดการจำหน่ายน้อย และไม่เป็นที่รู้จักของลูกค้าทั่วไป เนื่องจากขาดช่องทางการจำหน่าย ตลอดจนตราสัญลักษณ์สินค้าและรายละเอียดของสินค้า ยังไม่เป็นที่ดึงดูดใจหรือสร้างความสนใจสำหรับลูกค้า รวมถึงยังขาดรายละเอียดเกี่ยวกับตัวสินค้า ที่จะป็นข้อมูลให้ลูกค้าในการตัดสินใจเลือกซื้อ จากหลักการเกี่ยวกับส่วนผสมทางการตลาดนั้น การตัดสินใจสู่ประการที่ควรพิจารณาก่อนเปิดตัวผลิตภัณฑ์ ผู้ประกอบการควรวางแผนวิธีการที่ตรงเป้าหมายในสื่อที่ประกอบที่แตกต่างกัน คือ ผลิตภัณฑ์ ราคาและสถานที่และโปรโมชั่น ตัวแปรทั้งสี่ช่วยผู้ประกอบการในการกำหนดกลยุทธ์การตลาดที่จำเป็นสำหรับสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน เพื่อให้เกิดข้อได้เปรียบทางการแข่งขันในตลาด [1]

บรรจุภัณฑ์เป็นศิลปะ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในการปิดล้อมหรือปกป้องตัวผลิตภัณฑ์เพื่อการจัดจำหน่าย การจัดเก็บ การขาย และการใช้งาน บรรจุภัณฑ์ยังหมายถึงขั้นตอนการออกแบบ การประเมิน และการผลิตบรรจุภัณฑ์ แม้ว่าการโฆษณาจะเป็นเครื่องมือส่งเสริมการขายที่สำคัญ แต่บรรจุภัณฑ์มีความสำคัญยิ่งกว่า เนื่องจากเครื่องมือส่งเสริมการขายอื่น ๆ จำเป็นต้องมีการสื่อสารเพื่อโน้มน้าวใจและดึงดูดผู้บริโภคอยู่เสมอ แต่หากบรรจุภัณฑ์สวยงามเรียบร้อยหรือดึงดูดใจ สินค้าก็ขายเองได้ ความตั้งใจในการซื้อของผู้บริโภคขึ้นอยู่กับระดับที่ผู้บริโภคคาดหวังว่าผลิตภัณฑ์จะสามารถตอบสนองความคาดหวังของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้งาน [2] แต่เมื่อผู้บริโภคไม่ได้คิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มากนักก่อนเข้าร้าน ความตั้งใจที่จะซื้อนี้จะถูกกำหนดโดยสิ่งที่สื่อสาร ณ จุดที่ซื้อ ดังนั้นบรรจุภัณฑ์จึงกลายเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภค เนื่องจากบรรจุภัณฑ์จะสื่อสารกับผู้บริโภคในเวลาที่คุณกำลังตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าจริง [3] ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมจากบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนไม่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของบรรจุภัณฑ์เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความเต็มใจของผู้บริโภคที่จะซื้อผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนด้วย การตอบสนองของผู้บริโภคน่าจะได้รับอิทธิพลจากกลยุทธ์การออกแบบเฉพาะที่ใช้เพื่อทำให้บรรจุภัณฑ์มีความยั่งยืนมากขึ้น [4] ข้อกำหนดเบื้องต้นที่สำคัญสำหรับความสำเร็จในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนคือแนวโน้มการซื้อของผู้บริโภคและความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับทางเลือกดังกล่าว [5], [6] การปรับปรุงบรรจุภัณฑ์เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงนั้นทำได้ยากหากผู้บริโภคไม่ต้องการผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนมากกว่าทางเลือกทั่วไป ความตั้งใจในการซื้อผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนอาจได้รับผลกระทบจากวิธีทำให้บรรจุภัณฑ์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น กลยุทธ์การออกแบบที่ยั่งยืน เนื่องจากการขาดข้อมูลเชิงลึกของผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์การออกแบบที่ยั่งยืนต่าง ๆ ผู้ประกอบการจำนวนมากและนักออกแบบบรรจุภัณฑ์ จึงมีปัญหาในการปรับใช้และพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกันอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อ

เป็นการริเริ่มการออกแบบที่ยั่งยืน [7] ผลิตภัณฑ์ทุกประเภทยังมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสังคม โดยเป้าหมายสูงสุดคือการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาด การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืนมากขึ้นก็เป็นวาระสำคัญของผู้ประกอบการ [8] ความพยายามของผู้ประกอบการได้รับแรงบันดาลใจจากตัวขับเคลื่อนภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน [9] ตัวอย่างเช่น ภายในองค์กร นักพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคตอาจผลักดันผลิตภัณฑ์ของตนให้เข้าสู่เส้นทางแห่งความยั่งยืน [10] ภายนอกกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนที่เพิ่มขึ้นเป็นตัวอย่างของการผลักดันให้ผู้ประกอบการต่าง ๆ ต้องทบทวนกลยุทธ์การออกแบบของตนใหม่ [11] อย่างไรก็ตาม ความพยายามของผู้ประกอบการต่าง ๆ มักจะถูกขัดขวางโดยการขาดวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านความยั่งยืน [12] บรรจุภัณฑ์ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการทำการตลาดของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสำหรับผู้บริโภคปลายทางหรือลูกค้าในห่วงโซ่อุปทาน สิ่งนี้มีความสำคัญมากขึ้นเนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดมากขึ้น ความสำคัญของการเชื่อมโยงบรรจุภัณฑ์กับกลยุทธ์ทางการตลาด มีส่วนประกอบที่สำคัญคือการใช้การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อสร้างความแตกต่าง เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ไปสนับสนุนว่าบรรจุภัณฑ์นั้นได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการจัดจำหน่ายที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทานอาหาร นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์และการออกแบบบรรจุภัณฑ์มีส่วนช่วยในการสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ของชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชันเดิม เพื่อยกระดับบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ร่วมกับแนวคิดผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างข้อเสนอที่แข่งขันได้ในตลาด และความเป็นไปได้ที่จะแยกแยะผลิตภัณฑ์ของตนจากข้อเสนอของคู่แข่งโดยใช้บรรจุภัณฑ์และการออกแบบบรรจุภัณฑ์ในลักษณะที่สร้างสรรค์ และสร้างความได้เปรียบทางการค้าให้แก่ชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชันเดิม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ชุมชนตลาดน้ำสองคลอง วัดตลิ่งชัน

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลทั่วไปของบรรจุภัณฑ์บรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนการศึกษาแนวทางการพัฒนารูปแบบ วัสดุ กรรมวิธีการ ผลิต ประกอบด้วย ด้านการผลิต ด้านการตลาด ด้านวัสดุ และด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์
2. การศึกษาแนวทางการออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์ การทดลองออกแบบเพื่อนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ประกอบด้วย การเลือกใช้วัสดุ และการเลือกกระบวนการผลิต
3. การศึกษาและการพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ประกอบด้วย การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการผลิตมาพัฒนารูปแบบของบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ และลักษณะบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์
4. การออกแบบบรรจุภัณฑ์
5. แนวคิดการออกแบบตราสัญลักษณ์และกราฟิกบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง ประกอบด้วย สี รูปร่างรูปทรง และตัวแบบอักษร
6. การออกแบบตราสัญลักษณ์กราฟิก และบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์สบู่น้ำผึ้ง

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรง ชุมชนตลาดน้ำสองคลอง วัดตลิ่งชัน โดยสรุปผลการวิจัยออกเป็น 6 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลทั่วไป จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของบรรจุภัณฑ์บรรจุภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรง ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนการศึกษาแนวทางการพัฒนารูปแบบ วัสดุ กรรมวิธีการผลิต ข้อมูลที่ได้ค้นพบจากการศึกษาผู้วิจัยได้นำมาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ สรุปผลแต่ละด้านได้ดังนี้

1.1 ด้านการผลิต จากการศึกษาการผลิตสบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงหอม สบู่ชั้นโรง พบว่า ในการผลิตสบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรง เป็นธุรกิจชุมชน (OTOP) จึงมีกลุ่มลูกค้า เป็นลูกค้าในบริเวณกลุ่มชุมชนใกล้เคียง และลูกค้าประจำ การผลิตทุกกระบวนการใช้แรงงานของคนในชุมชน ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ปัญหาของผลิตภัณฑ์อยู่ที่การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูปที่หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาดจึงขาดเอกลักษณ์ และจุดสนใจในการซื้อ ทางกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่ชั้นโรง ตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชัน มีความประสงค์ที่จะพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อจุดมุ่งหมายที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงดังกล่าวเป็นที่ยอมรับและจดจำ เพื่อนำไปสู่การขยายกลุ่มลูกค้าในอนาคต ปัญหาและอุปสรรคผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงตำบลบางน้ำผึ้ง ชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ปัญหาต่าง ๆ คือ ผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงยังขาดการพัฒนาในเรื่องการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่เหมาะสมในการผลิตสบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงได้ดียิ่งขึ้นให้ได้ครั้งละมาก ๆ ให้เพียงพอต่อการจำหน่ายในสาขาต่าง ๆ นำไปสู่การขยายกลุ่มลูกค้าในอนาคต

1.2 ด้านการตลาด จากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงได้ ยังคงมีรูปแบบเดิม และจำหน่ายให้กับกลุ่มลูกค้าประจำเป็นส่วนใหญ่ จึงยากที่จะขยายการจำหน่ายไปยังร้านค้าต่าง ๆ ซึ่งจากการศึกษาผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงพบว่า สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงดังกล่าวสามารถดึงดูดกลุ่มลูกค้ากลุ่มใหม่จากเดิมด้วยรูปลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์ที่โดดเด่น แปลกใหม่ อันเป็นแรงจูงใจในการซื้อ

1.3 ด้านวัสดุ พบว่ากระดาษคราฟท์มีคุณสมบัติในการรองรับแรงกระแทกได้ดีกว่ากระดาษชนิดอื่นและต้านทานน้ำได้ดีกว่ากระดาษทั่วไปและเป็นกระดาษที่ได้จาก การรีไซเคิล เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.4 ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์ จากการสำรวจผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงหอมที่จัดจำหน่ายในปัจจุบันมีรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ที่ค่อนข้างจะเหมือนกัน ทำให้ขาดจุดสนใจ นอกจากนั้นยังขาดบรรจุภัณฑ์เสริมภายในตัวบรรจุภัณฑ์

2. การศึกษาแนวทางการออกแบบและพัฒนา จากการศึกษาแนวทางในการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ การทดลองออกแบบเพื่อนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงโดยผลการศึกษาดังกล่าว สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 การเลือกใช้วัสดุ จากการศึกษาข้อมูลข้างต้นดังกล่าว วัสดุที่เหมาะสมสำหรับการนำมาออกแบบและพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์บรรจุภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงคือ กระดาษคราฟท์ และแผ่นใส เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการทำบรรจุภัณฑ์ เช่นแผ่นใสเป็นวัสดุที่ใช้ติดลงบนตัวกระดาษคราฟท์ในหน้าต่างช่วยให้มองเห็นสิ่งของที่บรรจุอยู่ภายในได้ กระดาษคราฟท์เป็นวัสดุที่บรรจุตัวสบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงโดยตรงเป็นตัวทำหน้าที่ปกป้องสบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรง ให้พ้นจากน้ำหรือความชื้น อันเป็นสาเหตุที่ทำให้สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงเสื่อมคุณภาพเร็ว และการโดนกระทบจากสิ่งต่าง ๆ อาจทำให้เกิดการแตกหักหรือขีดข่วนทำให้เกิดความเสียหายและความสวยงามของก้อนสบู่

2.2 การเลือกกระบวนการผลิต จากการศึกษาผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การผลิตบรรจุภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงด้วยการตัดแบบใดก็สามารถผลิตรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ได้อย่างอิสระโดยไม่จำเป็นต้องจำกัดรูปแบบให้อยู่ในรูปทรงเดิม ๆ เนื่องจากใช้วัสดุที่เป็นกระดาษที่มีข้อดีคือ สามารถขึ้นรูปได้หลากหลาย สามารถพิมพ์ลายลงบนวัสดุได้อย่างสวยงาม

2.3 ผลจากการศึกษา พบว่าสามารถสร้างให้เกิดความหลากหลายทางด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์ ได้เพิ่มขึ้นนำไปสู่การ

ออกแบบและประยุกต์บรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิมและสร้างแนวทาง ในการสร้างกลุ่มผลิตภัณฑ์ใหม่

3. การศึกษาและการพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการผลิตมาพัฒนารูปแบบของบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง กระดาษคราฟท์เป็นวัสดุที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในงาน อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์สำหรับสิ่งของอุปโภคและบริโภคและบรรจุภัณฑ์ทั่วไป เนื่องจากเป็นวัสดุที่ทนทาน สามารถต้านทานน้ำได้ดีรองรับแรงกระแทกและการที่มแท่งอันเป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพของสิ่งที่บรรจุอยู่ภายในเกิดการเสียหาย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ปัจจุบันมีการผลิตบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ที่หลากหลายประเภทโดยถูกออกแบบให้มีการปกป้อง และช่วยให้มีความสะดวกในการใช้ งาน และยังรองรับในเรื่องของการพิมพ์ในกรณีที่ใช้บรรจุภัณฑ์เป็นสื่อในการโฆษณาอีกด้วย โดยทั่วไปบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง มีรูปแบบดังต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ ข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่พบได้ทั่วไปมีขนาด 11x15 ซม. จนถึง 30x10 ซม. ด้านประโยชน์ใช้สอย ใช้เป็นวัสดุในการผลิตสำหรับบรรจุสิ่งของต่าง ๆ เช่น การนำไปห่อช็อคโกแลต บรรจุภัณฑ์สำหรับใส่เคสโทรศัพท์ เป็นต้น ด้านวัสดุกระดาษคราฟท์มีคุณสมบัติในการป้องกัน ความชื้น การกระแทก เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการความสวยงาม และถนอมสิ่งของที่บรรจุอยู่ภายในตัวกระดาษคราฟท์ ด้านกลุ่มผู้บริโภค โดยทั่วไปผู้บริโภคจะเป็นกลุ่มนิยมสบู่น้ำผึ้งชันโรงหอมหรือใช้สบู่น้ำผึ้งชันโรงหอมไฉย ด้านลักษณะเด่น คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่นิยมใช้สบู่น้ำผึ้งชันโรงโดยเฉพาะ เนื่องจากสรรพคุณทางธรรมชาติ จึงมีกลุ่มลูกค้าที่อุปโภคอยู่เป็นประจำลักษณะด้อยคือการเพิ่มคุณค่า และรูปลักษณ์ที่ได้มาตรฐานให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างแรงจูงใจในการซื้อให้มากขึ้น

3.2 ลักษณะบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ กระดาษคราฟท์เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ทำการต่อยอดมาจากกระดาษที่ผลิตจากเยื่อเคมี (Chemical Pulp) ที่ได้จากกระบวนการคราฟท์ (Krait Process) เป็นการนำเทคโนโลยีในการแปลงสภาพจากเนื้อไม้เป็นเยื่อกระดาษไม้ (Wood Pulp) โดยใช้สารเคมีและความร้อนในการแยกเยื่อ และขจัดลิกนิน ลักษณะบรรจุภัณฑ์บรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ อธิบายตามลักษณะแต่ละด้านได้ดังนี้

3.2.1 ด้านรูปแบบและรูปร่างผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีรูปร่างทรงเรขาคณิต มีขนาดเฉลี่ย (กว้างxยาวxสูง) ขนาดของบรรจุภัณฑ์ 15x7.5x3 ซม.

3.2.2 ด้านประโยชน์ใช้สอย นิยมใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ทั่วไป เช่น ห่อช็อคโกแลต เป็น บรรจุภัณฑ์ใส่ของชำร่วย เป็นต้น

3.2.3 ด้านความสอดคล้องของวัสดุกับหน้าที่การใช้สอยของผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ กระดาษคราฟท์ข้อเสียของบรรจุภัณฑ์พลาสติกแบบเดิม คือ

(1) เมื่อเปิดใช้งานแล้วไม่สามารถกลับมาปิดให้สนิทดังเดิมได้ จึงทำให้รูปห่อหุ้มสบู่น้ำผึ้งชันโรงเสื่อมคุณภาพ

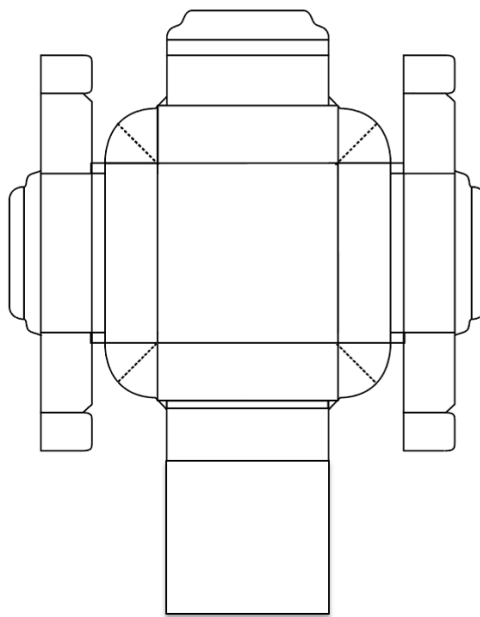
(2) เนื่องจากชุมชนบางน้ำผึ้งมีความต้องการในการขยายกลุ่มลูกค้าเป้าหมายใหม่ ดังนั้นจึงต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ให้มีความสวยงามและดึงดูดความสนใจแก่ผู้บริโภคให้มากขึ้น

จากการสอบถามทางกลุ่มผู้ประกอบการชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชันเดิม พบว่า มีความสนใจใช้กล่องบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์และมีแผ่นใสเจาะหน้าต่างมีลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ กล่องกระดาษแบ่งฟาส์ไลด์ ทรงผืนผ้า สีคราฟท์น้ำตาลหรือสีขาวเจาะหน้าต่าง กล่องกระดาษคราฟท์พีวีซีใส กล่องคราฟท์ฟาส์ไลด์พลาสติก ดังภาพที่ 1

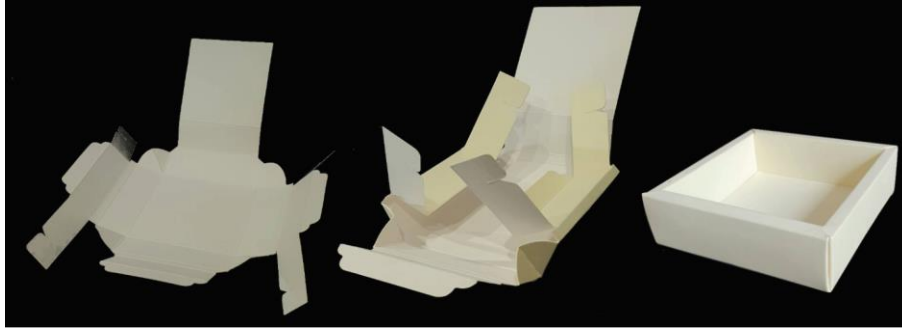


ภาพที่ 1: กล่องบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์และมีแผ่นใสเจาะที่ทางกลุ่มสนใจ

จากภาพกล่องบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์และมีแผ่นใสเจาะ ที่ทางกลุ่มผู้ประกอบการชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชันเดิมสนใจ และกลุ่มผู้ผลิตได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวทางในการออกแบบรูปแบบบรรจุภัณฑ์ให้เป็นรูปแบบใหม่โดยการออกแบบให้บรรจุภัณฑ์เป็นกระดาษคราฟท์หุ้มแผ่นพลาสติก สไตล์ เปิด-ปิดได้ ดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2: รูปแบบบรรจุภัณฑ์ต้นแบบสปูน้ำผึ้งชั้นโรงที่เลือกจากทางกลุ่มและทีมผู้วิจัย



ขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 3

ภาพที่ 3: แสดงขั้นตอนการพับบรรจุภัณฑ์ต้นแบบสบู่น้ำฝักชันโรง

4. การออกแบบบรรจุภัณฑ์ จากการศึกษาแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำฝักชันโรง โดยการต่อยอดจากบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิม ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นกับบรรจุภัณฑ์แบบเดิม โดยจะนำข้อมูลที่ได้ศึกษามาทำการพัฒนาโดยเน้นไปที่รูปลักษณ์ที่แปลกใหม่ และมีประโยชน์ในการอำนวยความสะดวกต่อการวางจำหน่ายโดยประยุกต์ให้เข้ากับปัจจัยต่าง ๆ จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปแนวทางในการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ความต้องการของผู้บริโภคและหลักการออกแบบที่ถูกต้อง การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ต้องมีรูปแบบที่ชวนให้สนใจ บรรจุภัณฑ์มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เกิดประโยชน์ใช้สอยได้ หรือชวนให้อยากรู้อยากเห็นที่อยู่มานาน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดแนวทางในดำเนินการออกแบบบรรจุภัณฑ์ดังภาพ

5. แนวคิดการออกแบบตราสัญลักษณ์และกราฟิกบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำฝักชันโรง ประกอบด้วยแนวคิดดังต่อไปนี้

5.1 สี มีหลักการนำสีมาใช้ ทั้งตราสัญลักษณ์และงานกราฟิกจากสินค้า โดยสีต่าง ๆ แสดงลักษณะต่ออารมณ์ จากบทที่ 2 สีที่ใช้ในตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์สบู่น้ำฝักชันมี 10 สี โดยประมาณ และตามความหมายหรือนิยามความรู้สึกของสีในการออกแบบ คือ สีเหลือง ความสุข สดใสร่าเริง สีส้ม ความคิดสร้างสรรค์ สีเทา ให้ความรู้สึกสงบมูรณเชื่อมโยงกับธรรมชาติ แวดล้อม และความสมถะดีดิน สีแดง อ่อนนุ่มและมีพลัง สีชมพู ความรัก ความชื่นชม และความน่าทะนุถนอม อ่อนเยาว์ และความสุขสนาน สีเขียว ธรรมชาติและการเติบโต สีฟ้า ความสงบเยือกเย็นและน่าเชื่อถือ สีดำ ทันสมัยและลึกลับ สีขาว สะอาดและเรียบง่าย สีทอง บ่งบอกถึงคุณค่า รสนิยม ความเจริญรุ่งเรือง

5.2 รูปร่างรูปทรง รูปภาพสัญลักษณ์ที่เหมาะสมกับแบบบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำฝักชันโรงของกลุ่มเป้าหมายที่เลือกไว้ น่าจะเป็นรูปดอกไม้ต่างดูเป็นธรรมชาติ หรือลายกราฟิกที่ดูทันสมัยจริงจังดูเป็นผู้ใหญ่ จากการสังเกตที่มาของรูปแบบตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์สบู่น้ำฝัก แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ รูปทรงจากสิ่ง ตัวสิ่ง รังสิ่ง รูปทรงจากพืชที่เป็นส่วนผสม สมุนไพร ผลไม้ จากส่วนใบ ดอก ต้น รูปทรงจากเรขาคณิต

5.3 ตัวแบบอักษร (Font) กลุ่มต้องการใช้ชื่อ Kannikar (ผู้ก่อตั้ง) มาเป็นตัวแบบอักษร และอาจมีคำว่า Soap เพื่อเน้นย้ำรูปแบบผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอีกด้วย ดังแบบตัวอักษรใช้แบบดูจริงจังดูเป็นผู้ใหญ่ อ่านง่าย โดยเฉพาะผู้สูงอายุ

6. การออกแบบตราสัญลักษณ์ กราฟิกและบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์สบู่น้ำฝักชันโรง

ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดมาออกแบบมาสร้างภาพร่างแนวความคิดบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำฝักชันโรง ตามสรุปแนวความคิดการออกแบบตราสัญลักษณ์และกราฟิกบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำฝักชันโรง ดังภาพที่ 4 - 11



ภาพที่ 4: การออกแบบตราสัญลักษณ์สบู่น้ำผึ้งชั้นโรง



ภาพที่ 5: รูปแบบตราสัญลักษณ์ที่เลือกจากทางกลุ่ม



ภาพที่ 6: ผลงานการออกแบบกราฟิกบนฉลากสินค้าสบู่น้ำผึ้งชันโรง 4 แบบ



ภาพที่ 7: รูปแบบกราฟิกบนฉลากสินค้าที่เลือกจากทางกลุ่ม



ภาพที่ 8: การกำหนดขนาด (กว้างxยาว) รูปแบบกราฟิกบนฉลากสินค้าที่เลือกจากทางกลุ่ม



ภาพที่ 9: ต้นแบบบรรจุภัณฑ์สบู่ล้างมือสบู่ล้างมือ รูปแบบที่ 1



ภาพที่ 10: แบบบรรจุภัณฑ์สบู่ล้างมือสบู่ล้างมือ รูปแบบที่ 2



ภาพที่ 11: ต้นแบบบรรจุภัณฑ์สบู่ผ้าผืนจีนโรง รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 4 - 11 แสดงการทำต้นแบบต่อยอดความคิดจากภาพแนวคิดเดิม เพื่อให้เกิดการเน้นให้เกิดความงามมากขึ้น มีจุดเด่น และแสดงภาพลักษณะของความจริงจังของวัยผู้ใหญ่ (25-60 ปี) มากขึ้น โดยใช้สีพื้นหลังสีเหลืองครีม ตัวหนังสือสีดำตัดกันกับพื้นหลัง รูปแบบอักษรใช้อักษรที่มีความเป็นหกเหลี่ยมคล้ายลึงผึ่งหกเหลี่ยม ชื่อแบบตัวอักษร (Font) คือ TH Chakra Petch รูปภาพประกอบใช้เป็นภาพถ่ายลึงผึ่งและผึ่งกำลังทำงาน เพื่อให้เห็นความสมจริงของความรู้สึกถึงธรรมชาติ มีลายน้ำสีขาวเป็นลายเรขาคณิตรูปหกเหลี่ยมคล้ายลึงผึ่ง ทุกองค์ประกอบที่จัดตามการสรุปแนวความคิดการออกแบบที่ตั้งไว้และให้องค์ประกอบทุกอย่างมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

สรุปและอภิปรายผล

1. การศึกษาข้อมูลทั่วไป จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของบรรจุภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ใส่สบู่ผ้าผืนจีนโรง ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ด้านการผลิต พบว่าในการผลิตสบู่ผ้าผืนจีนโรงเป็นธุรกิจชุมชน (OTOP) จึงมีกลุ่มลูกค้าเป็นลูกค้าในบริเวณกลุ่มชุมชนใกล้เคียงและลูกค้าประจำ การผลิตทุกกระบวนการใช้แรงงานของคนในชุมชน ปัญหาของผลิตภัณฑ์อยู่ที่การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูปที่หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาดจึงขาดเอกลักษณ์ และจุดสนใจในการซื้อ ทางกลุ่มผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าผืนจีนโรงตลาดน้ำสองคลองวัดดลิ่งชัน มีความประสงค์ที่จะพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อจุดมุ่งหมายที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าผืนจีนโรงดังกล่าวเป็นที่ยอมรับและจดจำ เพื่อนำไปสู่การขยายกลุ่มลูกค้าในอนาคต ปัญหาและอุปสรรคผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าผืนจีนโรงตำบลบางน้ำผึ้งชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดดลิ่งชัน เขตดลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่มักประสบปัญหาต่าง ๆ คือ ผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าผืนจีนโรงยังขาดการพัฒนาในเรื่องการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่เหมาะสมในการผลิตสบู่ผ้าผืนจีนโรงได้ดียิ่งขึ้นได้ครั้งละมาก ๆ ให้เพียงพอต่อการจำหน่ายในสาขาต่าง ๆ นำไปสู่การขยายกลุ่มลูกค้าในอนาคตด้านการตลาด จากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าผืนจีนโรงแล้วยังคงมีรูปแบบเดิม และจำหน่ายให้กับกลุ่มลูกค้าประจำเป็นส่วนใหญ่ จึงยากที่ขยายการจำหน่ายไปยังร้านค้าต่าง ๆ ซึ่งจากการศึกษาผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงพบว่า สบู่ผ้าผืนจีนโรงดังกล่าวสามารถดึงดูดกลุ่มลูกค้ากลุ่มใหม่จากเดิมด้วยรูปลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่โดดเด่น แปลกใหม่ อันเป็นแรงจูงใจในการซื้อ ด้านวัสดุ พบว่ากระดาษคราฟท์มีคุณสมบัติในรองรับแรงกระแทกได้ดีกว่ากระดาษชนิดอื่นและต้านทานน้ำได้ดีกว่ากระดาษทั่วไปและเป็นกระดาษที่ได้จากการรีไซเคิล เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ Lutters and ten Klooster, 2008 [13] ที่กล่าวว่า ข้อกำหนดของบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุสินค้าอุปโภคบริโภค ต้องคำนึงถึงต้นทุนของบรรจุภัณฑ์และเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่เสียหายระหว่างการขนส่ง การจัดเก็บ ในส่วนของด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์ จากการสำรวจผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าผืนจีนโรง

ที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงหอมที่จัดจำหน่ายในปัจจุบันมีรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ที่ค่อนข้างจะเหมือนกัน ทำให้ขาดจุดสนใจ นอกจากนั้นยังขาดบรรจุภัณฑ์เสริมภายในตัวบรรจุภัณฑ์ และสอดคล้องกับ The European Shopping Baskets – Packaging Trends for Fast Moving Consumer Goods in Selected European Countries, 2009 [14] ที่กล่าวว่า แนวโน้มบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าอุปโภคบริโภคในกลุ่มประเทศยุโรปต้องเป็นบรรจุภัณฑ์สีเขียวโดยต้องเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก นับตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโลก และได้ส่งสัญญาณเตือนไปยังอุตสาหกรรม การผลิต องค์การเพื่อการบรรจุภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมแห่งยุโรป (EUROPEN) ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์

2. การศึกษาแนวทางการออกแบบและพัฒนา ด้านการเลือกใช้วัสดุ โดยวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการนำมาออกแบบและพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ใส่สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรง คือ กระดาษคราฟท์ และแผ่นใส เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการทำบรรจุภัณฑ์ เช่น แผ่นใสเป็นวัสดุที่ใช้ติดลงบนตัวกระดาษคราฟท์ในหน้าต่างช่วยให้มองเห็นสิ่งของที่บรรจุอยู่ภายในได้ กระดาษคราฟท์เป็น วัสดุที่บรรจุตัวสบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงโดยตรงเป็นตัวทำหน้าที่ปกป้องสบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรง ให้พ้นจากน้ำหรือความชื้น อันเป็นสาเหตุที่ทำให้สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงเสื่อมคุณภาพเร็ว และการโดนกระทบจากสิ่งต่าง ๆ อาจทำให้เกิดการแตกหักหรือขีดขีด ทำให้เกิดความเสียหายและความสวยงามของก้อนสบู่ การเลือกกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงด้วยการตัดแบบ ไดคัทสามารถผลิตรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ ได้อย่างอิสระโดยไม่จำเป็นต้องจำกัดรูปแบบให้อยู่ในรูปทรงเดิม ๆ เนื่องจากใช้วัสดุที่เป็นกระดาษมีข้อดีคือ สามารถขึ้นรูปได้หลากหลาย สามารถพิมพ์ลายลงบนวัสดุได้อย่างสวยงาม สอดคล้องกับ Boz et al., 2020 [15] ที่กล่าวว่า การพัฒนาอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มุ่งเน้นที่ต้นทุนที่ต่ำลง การประหยัดพลังงานในกระบวนการสร้างบรรจุภัณฑ์ การลดวัตถุดิบ มีความทนทานและยืดหยุ่นต่อการนำกลับมาใช้ใหม่

3. การศึกษาและการพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรง พบว่า กระดาษคราฟท์เป็นวัสดุที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในงาน อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์สำหรับสิ่งของอุปโภคและบริโภคและบรรจุภัณฑ์ทั่วไป เนื่องจากเป็นวัสดุที่ทนทาน สามารถต้านทานน้ำได้ดีรองรับแรงกระแทกและการที่มาจากอันเป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพของสิ่งของที่บรรจุอยู่ภายใน เกิดการเสียหาย สอดคล้องกับ Nguyen et al., 2020 [16] ที่กล่าวว่า มีวัสดุบรรจุภัณฑ์หลายประเภทที่มักใช้กับสินค้าที่เปราะบาง เช่น กระดาษคราฟท์, รั้งผึ้ง วัสดุเหล่านี้ป้องกันการกระแทกที่เหมาะสมเพื่อป้องกันความเสียหายทั้งภายในและภายนอกเนื่องจากการชนระหว่างการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังลูกค้าหรือผู้ค้าปลีก หรือแม้กระทั่งเหตุการณ์ขณะที่สินค้าอยู่ในคลังสินค้าของผู้ผลิตหรือบนชั้นขายปลีก บรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้การศึกษายังพบว่า ปัจจุบันมีการผลิตบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ที่หลากหลายประเภทโดยถูกออกแบบให้มีการปกป้อง และช่วยให้มีความสะดวกในการใช้งาน และยังรองรับในเรื่องของการพิมพ์ในกรณีที่ใช้บรรจุภัณฑ์เป็นสื่อในการโฆษณาอีกด้วย โดยทั่วไปบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ที่ใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรง การวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์ ข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่พบได้ทั่วไปมีขนาด 11x15 ซม. จนถึง 30x10 ซม. ด้านประโยชน์ใช้สอย ใช้เป็นวัสดุในการผลิตสำหรับบรรจุสิ่งของต่าง ๆ เช่น การนำไปห่อช็อคโกแลต บรรจุภัณฑ์สำหรับใส่เคสโทรศัพท์ เป็นต้น ด้านวัสดุกระดาษคราฟท์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันน้ำ ความชื้น กระแทก เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการความสวยงาม และถนอมสิ่งของที่บรรจุอยู่ภายในตัวกระดาษคราฟท์ ด้านกลุ่มผู้บริโภค โดยทั่วไปผู้บริโภคจะเป็นกลุ่มนิยมสบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงหอมหรือใช้สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงหอมไฉ่ย ด้านลักษณะเด่น คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่นิยมใช้สบู่ผ้าฝ้ายชั้นโรงโดยเฉพาะ เนื่องจากสรรพคุณทางธรรมชาติ จึงมีกลุ่มลูกค้าที่อุปโภคอยู่เป็นประจำลักษณะด้อยคือการเพิ่มคุณค่า และรูปลักษณ์ที่ได้มาตรฐานให้กับผลิตภัณฑ์ เพื่อสร้างแรงจูงใจในการซื้อให้มากขึ้น ด้านรูปแบบและรูปร่างผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ควรมีรูปร่างทรงเรขาคณิต มีขนาดเฉลี่ย (กว้างxยาวxสูง) ขนาดของบรรจุภัณฑ์ 15x7.5x3 ซม. ด้านประโยชน์ใช้สอย นิยมใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ทั่วไป เช่น ห่อช็อคโกแลต เป็นบรรจุภัณฑ์ใส่ของชำร่วย เป็นต้น ด้านความสอดคล้องของวัสดุกับหน้าที่การใช้สอยของผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ กระดาษคราฟท์ข้อเสียของบรรจุภัณฑ์พลาสติกแบบเดิม คือ ไม่สามารถเปิดใช้งานแล้วกลับมาปิดให้สนิทดังเดิมได้ จึงทำให้รูปหอมสบู่ชั้นโรงเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากชุมชนบางน้ำฝ้ายมีความต้องการในการขยายกลุ่มลูกค้าเป้าหมายใหม่ ดังนั้นจึงต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบ

ของบรรจุภัณฑ์ให้มีความสวยงามและดึงดูดความสนใจแก่ผู้บริโภคให้มากขึ้น จากการสอบถามทางกลุ่มผู้ประกอบการชุมชนตลาดน้ำสองคลองวัดตลิ่งชันเดิม พบว่า มีความสนใจใช้กล่องบรรจุภัณฑ์กระดาษคราฟท์และมีแผ่นใสเจาะหน้าต่าง ดังลักษณะ ดังภาพที่ 1 ได้แก่ กล่องกระดาษแบ่งฝาโลโก้ ทรงผืนผ้า สีคราฟท์น้ำตาลหรือสีขาว เจาะหน้าต่าง กล่องกระดาษคราฟท์พีวีซีใส กล่องคราฟท์ฝาครอบพลาสติก ดังภาพ

4. การออกแบบบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง โดยการต่อยอดจากบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิม โดยนำข้อมูลที่ศึกษามาทำการพัฒนาโดยเน้นไปที่รูปลักษณ์ที่แปลกใหม่ และมีประโยชน์ในการอำนวยความสะดวกต่อการวางจำหน่ายโดยประยุกต์ให้เข้ากับปัจจัยต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้บริโภคและหลักการออกแบบที่ถูกต้อง สอดคล้องกับ Srinivasan and Lu, 2014 [17] ที่กล่าวว่า บรรจุภัณฑ์เป็นสื่อการออกแบบที่มีการเข้าถึงและสัมผัสกับลูกค้า อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ได้พัฒนาจากการบรรจุผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียว เป็นการสื่อสารภาพลักษณ์ของแบรนด์ที่ทรงพลัง ทำให้มีขีดความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้น

5. แนวคิดการออกแบบตราสัญลักษณ์และกราฟิกบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรง มีหลักการนำหลักการใช้สีมาใช้ ทั้งตราสัญลักษณ์และงานกราฟิกฉลากสินค้า โดยสีต่าง ๆ แสดงลักษณะต่ออารมณ์ สีที่ใช้ในตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งมี 10 สี โดยประมาณ และตามความหมายหรือนิยามความรู้สึกของสีในการออกแบบ คือ สีเหลือง ความสุข สดใสร่าเริง สีส้ม ความคิดสร้างสรรค์ สีเทา ให้ความรู้สึกสมบูรณ์เชื่อมโยงกับธรรมชาติแวดล้อม และความสมถะติดดิน สีแดงอบอุ่นและมีพลัง สีชมพู ความรัก ความชื่นชม และความน่าทะนุถนอม อ่อนเยาว์ และความสนุกสนาน สีเขียว ธรรมชาติและการเติบโต สีฟ้า ความสงบเยือกเย็นและน่าเชื่อถือ สีดำ ทันสมัยและลึกลับ สีขาว สะอาดและเรียบง่าย สีทอง บ่งบอกถึงคุณค่า รสนิยม ความเจริญรุ่งเรือง รูปร่างรูปทรง รูปภาพสัญลักษณ์ที่เหมาะสมกับแบบบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรงของกลุ่มเป้าหมายที่เลือกไว้ จะเป็นรูปดอกไม้ต่าง ดูเป็นธรรมชาติ หรือลายกราฟิกที่ดูทันสมัยจริงจังดูเป็นผู้ใหญ่ จากการสังเกตที่มาของรูปแบบตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์สบู่น้ำผึ้ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ รูปทรงจากผึ้ง ตัวผึ้ง รังผึ้ง รูปทรงจากพืชที่เป็นส่วนผสม สมุนไพรผลไม้ จากส่วนใบ ดอก ต้น รูปทรงจากเรขาคณิต ตัวแบบอักษร (Font) กลุ่มต้องการใช้ชื่อ Kannikar (ผู้ก่อตั้ง) มาเป็นตัวแบบอักษร และอาจมีคำว่า Soap เพื่อเน้นย้ำรูปแบบผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอีกด้วย ดังแบบตัวอักษรใช้แบบดูจริงจังดูเป็นผู้ใหญ่อ่านง่าย โดยเฉพาะผู้สูงอายุ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Nguyen et al., 2020 [16] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ Plan-Do-Check-Act Cycle ในทางปฏิบัติเพื่อการพัฒนาคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน พบว่า บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพต้องมีการถ่ายทอดข้อมูลให้กับลูกค้าและคู่ค้าผ่านการออกแบบหลากหลายที่แสดงโดยสีของผลิตภัณฑ์ วันที่ผลิต ส่วนผสม คุณลักษณะ น้ำหนัก คู่มือผู้ใช้อย่างละเอียด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาในเรื่องของตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความน่าดึงดูดใจของบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรงต่อผู้บริโภค ความคุ้มค่า และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ต้นทุนเชิงนิเวศหรือการหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากวัสดุและกระบวนการผลิตที่ใช้ การเปรียบเทียบกับคู่แข่งเพื่อประเมินการออกแบบบรรจุภัณฑ์ในลักษณะที่แตกต่างกัน ด้วยคะแนนต้นทุนเชิงนิเวศน์ อันดับต้นทุนวัสดุ และอันดับของการสร้างมูลค่า

2. ควรทำการศึกษาเชิงลึกด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้แนวทางในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งชันโรงที่เหมาะสมต่อผู้บริโภคที่มีความแตกต่างหลากหลาย และเข้าถึงผู้บริโภคทุกกลุ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- 1 Singh M. Marketing Mix of 4P'S for Competitive Advantage. IOSR J Bus Manag. 2012;3(6):40-5.
- 2 Kupiec, B., & Revell, B. (2001). Measuring consumer quality judgments. British Food Journal, 103(1), 7-22.

- 3 Kushe SS, Raveendran PT. Product Packaging and Competitive Advantage. *Asian J Manag.* 2016;7(1):1–4.
- 4 Steenis ND, van der Lans IA, van Herpen E, van Trijp HCM. Effects of sustainable design strategies on consumer preferences for redesigned packaging. *J Clean Prod.* 2018;205:854–65.
- 5 Adeyeye SA, Ayodele SO, Oloruntola OD, Agbede JO. Processed cocoa pod husk dietary inclusion: effects on the performance, carcass, haematogram, biochemical indices, antioxidant enzyme and histology of the liver and kidney in broiler chicken. *Bull Natl Res Cent.* 2019;43(1).
- 6 Petersen M, Brockhaus S. Dancing in the dark: Challenges for product developers to improve and communicate product sustainability. *J Clean Prod.* 2017;161(1):345–54.
- 7 Brockhaus S, Petersen M, Kersten W. A crossroads for bioplastics: exploring product developers' challenges to move beyond petroleum-based plastics. *J Clean Prod.* 2016;127:84–95.
- 8 Murto, P., Person, O., Ahola, M., 2014. Shaping the Face of Environmentally Sustainable Products: Image Boards and Early Consumer Involvement in Ship Interior Design. *J. Clean. Prod.* 75, 86–95
- 9 Gmelin, H., Seuring, S., 2014. Determinants of a Sustainable New Product Development. *J. Clean. Prod.* 69, 1–9.
- 10 Pettersen, I.N., 2015. Fostering Absolute Reductions in Resource Use: The Potential Role and Feasibility of Practice-oriented Design. *J. Clean. Prod.* 132, 252–265.
- 11 Heintz, J., Belaud, J.-P., Gerbaud, V., 2014. Chemical Enterprise Model and Decision-Making Framework for Sustainable Chemical Product Design. *Comput. Ind.* 65, 505–520.
- 12 Alblas, A., Peters, K., Wortmann, H., 2014. Fuzzy Sustainability Incentives in New Product Development - An Empirical Exploration of Sustainability Challenges in Manufacturing Companies. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 34, 513–545.
- 13 Lutters D, ten Klooster R. Functional requirement specification in the packaging development chain. Vol. 57, *CIRP Annals - Manufacturing Technology.* 2008. p. 145–8.
- 14 The European Shopping Baskets – Packaging Trends for Fast Moving Consumer Goods in Selected European Countries. 2009. *Europen – The European Organization for packaging and the environment.*
- 15 Boz Z, Korhonen V, Sand CK. Consumer considerations for the implementation of sustainable packaging: A review. *Sustain.* 2020;12(6):1–34.
- 16 Nguyen V, Nguyen N, Schumacher B, Tran T. applied sciences Practical Application of Plan – Do – Check – Act Cycle for Quality Improvement of Sustainable Packaging : *Appl Sci [Internet].* 2020;10(6332):1–15.
- 17 Srinivasan S, Lu WF. Development of a supporting tool for sustainable FMCG packaging designs. *Procedia CIRP [Internet].* 2014;15:395–400.

บทความวิจัย (Research Article)

นวัตกรรมตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

Innovation of sample preparation cabinets for bacterial culture work

เจตนา วีระกุล^{1*}, สุปล บ่อคุ้ม¹ และ ธนัชชัย อุณสิม¹

Jetana Weerakul^{1*}, Supon boukum¹ and Tanuchanai Onsim¹

¹คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University

*Corresponding author email: jetawe@kku.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)

5 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

14 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

20 กุมภาพันธ์ 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประดิษฐ์ตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย 2) ศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย ผลการวิจัยพบว่า 1) ประดิษฐ์ตู้เตรียมตัวอย่างงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแบบกรองอากาศในแนวดิ่ง (Vertical Flow) ขนาดของตู้ 60 x 90 x 70 เซนติเมตร วัสดุทำจากไม้อัดเคลือบผิวโฟมหนา 8 มิลลิเมตร ด้านหน้ามีกระจกปิดกันฝุ่นและแสงยูวี (Ultraviolet, UV) หนา 5 มิลลิเมตร ด้านบนติดตั้งระบบพัดลมกรองอากาศจากภายนอกผ่าน HEPA Filter ขนาด 12 นิ้ว ด้านในติดตั้งระบบแสงสว่างด้วยหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์และหลอดไฟ PHILIPS UV T8 TUV 18W (F17T8) สำหรับฆ่าเชื้อภายในตู้ มีอุปกรณ์แสดงอุณหภูมิและความชื้นขณะทำงาน ระบบควบคุมพัดลม แสงสว่างหลอด ไฟฆ่าเชื้อด้วยสวิตช์อยู่ด้านนอกตู้ 2) ผลการศึกษาความปลอดภัย ตู้สามารถวางเพลทแก้วเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตรในการทำงานได้สูงสุด 35 อัน พบว่าเพลทแก้วเลี้ยงเชื้อทุกเพลทที่เตรียมในตู้มีความปลอดภัย 3) การศึกษาผลการทดลองใช้ตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย ทดสอบเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* (TA 100) เปรียบเทียบกันระหว่างตู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นและตู้ปลอดเชื้อมาตรฐาน พบว่าตู้ทั้งสองให้ผลไม่แตกต่างกันทั้งลักษณะและจำนวนโคโลนี ทั้งผลของ Negative Control และผล Positive Control โดยจำนวนโคโลนีของ Negative Control ของทั้งสองตู้แต่ละเพลทไม่เกิน 100 โคโลนี จำนวนโคโลนีของเพลทที่เตรียมตู้มาตรฐานนับได้เฉลี่ย 47.66 ± 15.85 โคโลนี เพลทจากตู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นนับได้เฉลี่ย 52.44 ± 17.61 โคโลนี ค่า p-value = 0.25 และจำนวนโคโลนีของ Positive Control นับได้เกิน 600 โคโลนีในทุกเพลท

คำสำคัญ: ตู้ปลอดเชื้อ, ตู้เขี่ยเชื้อ, ตู้ชีววินeries, ตู้ไบโอฮาซาร์ด

Abstract

The purposes of the research were to 1) Invent a sample preparation cabinet for bacterial culture work and to 2) Study performance testing of sample preparation cabinets for bacterial culture work. The research findings showed the 1) Invention of the vertical flow bacterial culture preparation. The size of the cabinet is 60 x 90 x 70 centimeters the material is made from 8millimeter thick Formica laminated plywood. The front has a glass cover with 5millimeter thick to protect from dust and ultraviolet light (UV).

The top has a fan system that filters air from outside through a 12-inch HEPA Filter. Inside there is a lighting system with an 18-watt fluorescent light bulb and a PHILIPS UV T8 TUV 18W bulb (F17T8) for disinfecting the cabinet. There is a device to display temperature and humidity while working. The system of fans, lighting, disinfection lamps is controlled by switch box outside the cabinet. 2) The results of the sterility study showed that the cabinet could hold up to 35 agar plates with a diameter of 110 millimeter. It was found that all the agar plates prepared in the cabinet were sterile. 3) Results of sample preparation in the cabinet showed the growth the *Salmonella typhimurium* (TA 100). Comparing between the invented cabinets and Standard Laminar Air Flow Cabinet. It was found that the two cabinets gave the same results in terms of appearance and number of colonies, both as a result of the negative control and as a result of the positive control. The number of negative control colonies in both cabinet and each plate did not exceed 100, the number of colonies from plates prepared with standard cabinets counted an average of 47.66 ± 15.85 colonies and plates from the artificial cabinets counted an average of 52.44 ± 17.61 colonies and $p\text{-value} = 0.25$, the number of positive control colonies counted more than 600 colonies on every plate.

Keywords: Sterile cabinet; Ashtray cabinet; Biosafety cabinet; Biohazard cabinet

บทนำ

ห้องปฏิบัติการพิษวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการเกี่ยวกับการทดสอบความเป็นพิษของยาและสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งได้ทำการศึกษาในหลอดทดลอง (InVivo) โดยใช้เซลล์เพาะเลี้ยงเป็นตัวอย่างทดลอง (sample) แทนการทดลองในสัตว์ทดลอง ตัวอย่างเซลล์เพาะเลี้ยงที่ใช้ทำการทดลองได้แก่เซลล์เนื้อเยื่อ (tissue culture) และเซลล์ของจุลชีพ เช่น เชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น การเพาะเลี้ยงเซลล์จำเป็นต้องปฏิบัติงานด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ ห้องปฏิบัติการสำหรับทดสอบจะต้องมีความสะอาด มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย สามารถทำความสะอาดได้ง่าย แยกบริเวณออกจากห้องปฏิบัติการทดสอบด้านจุลชีพ [4] การทดลองเพาะเลี้ยงเซลล์เป็นงานที่ต้องการความสะอาดสูง หากพื้นที่เครื่องมือวิทยาศาสตร์หรือวัสดุที่ใช้มีการปนเปื้อน (contaminate) เชื้อโรคหรือสิ่งสกปรกจะทำให้เกิดความเสียหายต่องานได้ ตู้ปลอดเชื้อ (ตู้ลามินาร์) คือ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่สำคัญสำหรับงานที่ต้องการความสะอาดสูง ๆ เป็นเครื่องมือพื้นฐานจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา ตู้ปลอดเชื้อมักใช้กับงานที่ต้องการความปลอดภัยทางชีววิทยาสูง เช่น การเลี้ยงเชื้อและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ [8] หัวใจหลักของตู้คือมีการใช้แผ่นกรอง HEPA filter (High Efficiency Particulate Air Filter) กรองอากาศภายนอกผ่านเข้าไปในตู้ HEPA filter คือ แผ่นกรองทำด้วย Boron silicate fiber หรือ Glass fiber ที่เคลือบด้วยสารกักน้ำที่ประกอบด้วยเส้นใย (fiber) สานกันไปมาเกิดช่องว่างระหว่างกันของเส้นซึ่งมีขนาดเล็กมาก ๆ สามารถดักจับอนุภาคต่าง ๆ ได้ เช่น เส้นผมจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-150 ไมครอน ผุนและเส้นใยของผ้ามีขนาด 0.01-100 ไมครอน ส่วนเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียมีขนาดแค่ 0.001-10 ไมครอน ในขณะที่รูของแผ่นกรอง HEPA มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.3 ไมครอนหรือมากกว่า ในห้องปฏิบัติการพิษวิทยามีตู้ลามินาร์ใช้งานร่วมกันเพียงตู้เดียวดังนั้นจึงมีความเสี่ยงอย่างยิ่งที่จะเกิดความเสียหายต่องานเนื่องจากการปนเปื้อนได้สูง ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะประดิษฐ์ตู้ปลอดเชื้อขึ้นมาใช้งานสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียโดยเฉพาะ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและช่วยลดงบประมาณในการจัดซื้อครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ซึ่งมีราคาสูง

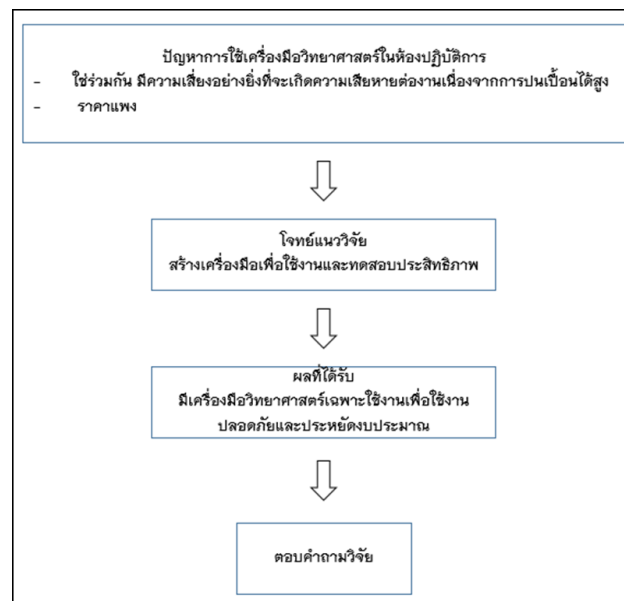
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) ประดิษฐ์ตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย
- 2) ศึกษาทดสอบประสิทธิภาพของตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

วิธีดำเนินการวิจัย

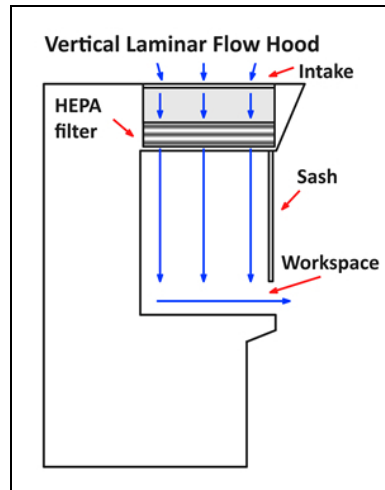
1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาความเป็นไปได้และกำหนดปัญหาของระบบ การสร้างเครื่องมือและทดสอบเครื่องมือที่ใช้แก้ปัญหา ผลที่ได้รับจากงานวิจัยว่าสามารถตอบวัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัยและแก้ปัญหาของงานได้จริงหรือไม่ ดังแสดงในขั้นตอนของกระบวนการดำเนินการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: ขั้นตอนของกระบวนการดำเนินการวิจัย

1.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นที่ 1 โดยวิเคราะห์จากการศึกษาข้อมูลและส่วนประกอบต่าง ๆ ของตู้ปลอดเชื้อมาตรฐานที่ซื้อจากบริษัทเอกชนซึ่งจะมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ 1. แผ่นกรอง HEPA filter 2. Blower / fan motor (พัดลม) เพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศภายในตู้และอากาศที่ไหลผ่าน HEPA filter 3. Laminar flow เป็นม่านอากาศภายในตู้ที่เคลื่อนที่เป็นแบบทิศทางเดียว [9] ทิศทางของอากาศจากภายนอกตู้จะถูกขับดันโดยพัดลมผ่านการกรองจากด้านบนผ่านแผ่นกรอง HEPA filter แล้วไหลออกสู่ภายนอกในแนวตั้ง (Down Flow) ผ่าน product หรือตัวอย่างออกสู่ภายนอกดังแสดงในภาพที่ 2 [12]



ภาพที่ 2: ส่วนประกอบและการกรองอากาศของตู้ลาร์มิน่า

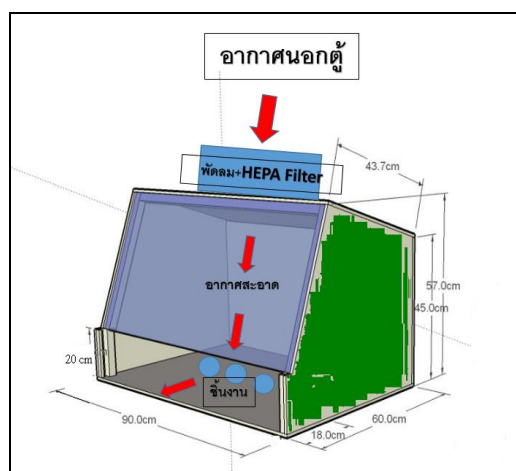
1.3 ออกแบบตู้สำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย โดยทำการออกแบบโครงสร้างและการจัดหาวัสดุที่เหมาะสมโดยใช้ไม้อัดเคลือบผิวโฟมเมก้าหนา 8 มิลลิเมตร แผ่นโฟมก้ำหรือแผ่นลามิเนตมีชื่อเรียกทางเทคนิคว่า แผ่นลามิเนตแรงอัดดันสูง (High pressure laminate หรือ HPL) คุณสมบัติของแผ่นลามิเนต คือ แข็งแรง ทนต่อแรงกระแทก ทนทานต่อการขีดข่วน และทนต่อความชื้น ความร้อน รวมถึงสารเคมีบางชนิด ทั้งยังทำความสะอาดได้ง่ายมีพื้นผิว และสีให้เลือกหลากหลาย ราคาไม่แพง เหมาะสำหรับงานออกแบบตกแต่งภายใน อาทิเช่น ผนัง ฝ้า เพดาน และเฟอร์นิเจอร์ [2]

1.4 ติดตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ของตู้ เช่น แผ่นกรอง HEPA ระบบไฟฟ้า แสงสว่าง แสงยูวีสำหรับฆ่าเชื้อ พัดลมและเครื่องวัดอุณหภูมิความชื้น

1.5 เก็บรวบรวมข้อมูล สรุป วิเคราะห์ และจัดทำคู่มือการใช้งานระบบ

2. เครื่องมือการวิจัย

2.1 ตู้เตรียมตัวอย่างงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแบบกรองอากาศในแนวตั้ง (Vertical Laminar Cabinet) ขนาดของตู้ กว้าง 90 เซนติเมตร ลึก 60 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร มีกล่องกรองอากาศอยู่ส่วนบนของตู้บรรจุแผ่น HEPA filter ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร และพัดลมแรงดันสูงเพื่อขับเคลื่อนอากาศจากภายนอกเข้าในตู้ดังแสดงในภาพที่ 3



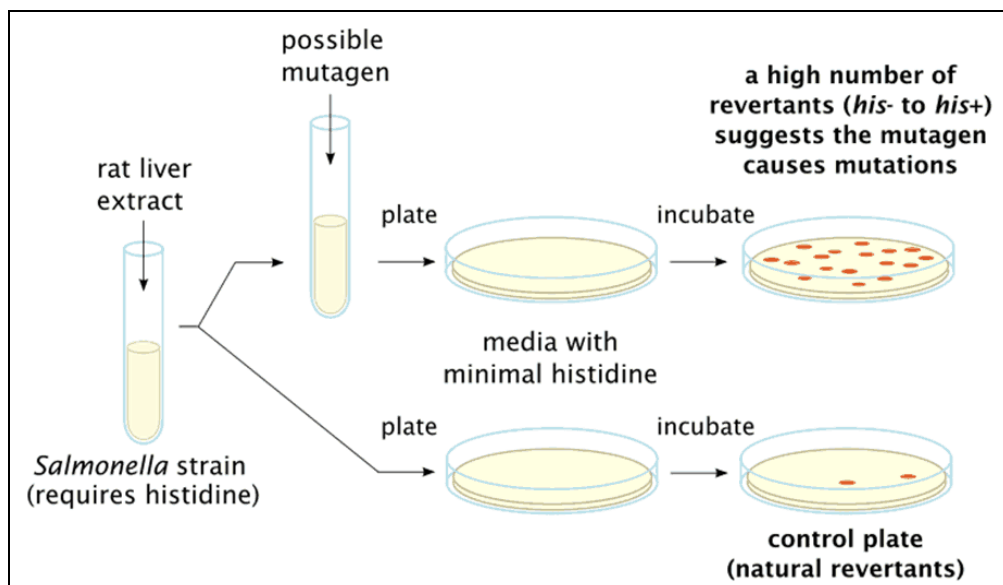
ภาพที่ 3: แบบส่วนประกอบของตู้ลาร์มิน่าการกรองอากาศและทิศทางการไหลของอากาศ

2.2 ประเมินประสิทธิภาพผู้เตรียมตัวอย่างงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

- ความปลอดภัยของพื้นที่ทำงานในตู้ โดยก่อนทำงานเช็ดทำความสะอาดภายในตู้ด้วยแอลกอฮอล์ 75 เปอร์เซ็นต์ทิ้งไว้ให้ระเหยของแอลกอฮอล์หมดจึงปิดฝาตู้แล้วเปิดไฟหลอดยูวี 15 นาที เมื่อครบเวลาปิดหลอดยูวีแล้วเปิดฝาตู้ไฟให้แสงสว่างและระบบกรองอากาศ ทิ้งให้เครื่องทำงานประมาณ 5 นาทีเพื่อวอร์มเครื่องก่อนแล้วเริ่มทดสอบ โดยเปิดฝาเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อทิ้งไว้ในตู้เป็นเวลาต่าง ๆ แล้วนำไปหมักในตู้เลี้ยงเชื้อเปรียบเทียบกับเพลทที่เปิดทิ้งไว้นอกตู้ (Positive Control) ดูลักษณะของเชื้อที่ขึ้นในเพลท

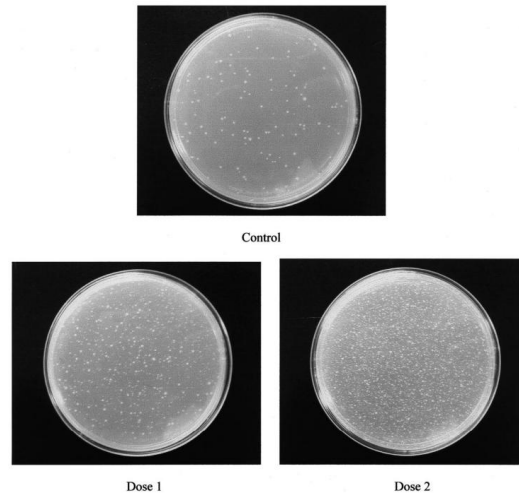
- ผลการทดลองใช้ตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย โดยทดสอบเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* (TA100) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Agar) ตามคู่มือการเรียนรู้ภาคปฏิบัติการวิชาพิษวิทยาสำหรับใช้สอนนักศึกษาเภสัชศาสตร์ระดับปริญญาตรี ในหัวข้อการทดสอบความเป็นพิษสารก่อการกลายพันธุ์ (Mutagenicity) โดยศึกษาการก่อการกลายพันธุ์ของแบคทีเรีย (Bacterial Reverse Mutation Test) โดยวิธีมาตรฐาน Ames test

The Ames test *Salmonella* mutation หรือนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า Ames test เป็นการทดสอบความเป็นพิษสารก่อการกลายพันธุ์ซึ่งให้ผลการทดลองได้รวดเร็ว (Short term test) [5] วิธีนี้ถูกค้นพบและพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี 1971 ต่อมาได้พัฒนาตามลำดับจนเป็นวิธีทดสอบความเป็นพิษที่นิยมกันวิธีหนึ่ง Ames test เป็นวิธีการทดสอบฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ซึ่งถูกค้นพบโดย ศาสตราจารย์ ดร.ปี.เอ็น.เอมส์ และคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เบิร์กลีย์ โดยทำการปรับปรุงสายพันธุ์ของแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ซึ่งในสภาพปกติจะสามารถสร้างกรดอะมิโนฮิสทีดินได้เอง ให้กลายเป็นสายพันธุ์ที่ไม่สามารถสร้างกรดอะมิโนฮิสทีดินได้เอง ดังนั้นเชื้อกลุ่มนี้จะสามารถเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงซึ่งมีจำนวนฮิสทีดินจำกัด ตรงกันข้ามหากเชื้อเหล่านั้นเกิดการกลายพันธุ์กลับไปมีลักษณะเหมือนบรรพบุรุษหรือเชื้อตามธรรมชาติแล้วมันจะสามารถเติบโตได้ดีแม้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาณฮิสทีดินจำกัด เมื่อนำไปทดสอบกับสารก่อการกลายพันธุ์ซึ่งอาจเรียกการกลายพันธุ์ดังกล่าวได้ว่าเป็นการกลายพันธุ์แบบ reverse mutation จำนวนโคโลนีของเชื้อที่เกิดการกลายพันธุ์ (revertant) เปรียบเทียบการสารทดสอบกลุ่มควบคุม (Control) จึงสามารถสรุปผลได้ว่าสารทดสอบมีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์หรือไม่และมากน้อยเพียงใด การทดสอบ Ames test ปัจจุบันได้พัฒนาเป็นหลายวิธีแต่วิธีมาตรฐานที่นิยมมากที่สุดคือวิธี Standard plate incorporation assay ดังแสดงในภาพที่ 4 [13]



ภาพที่ 4: หลักการทดสอบความเป็นพิษสารก่อการกลายพันธุ์และการแปลผล

ความสัมพันธ์ของการตอบสนองกับปริมาณพิษที่ได้รับ (Dose-response relationships) กล่าวคือเมื่อเติมสารก่อกลายพันธุ์ในปริมาณที่สูงขึ้นแล้ว จำนวนโคโลนีของเชื้อที่กลายพันธุ์เพิ่มขึ้นดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 5 เป็นการทดสอบสารก่อกลายพันธุ์ Sodium azide กับเชื้อ TA 100 เมื่อได้รับ Sodium azide ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น คือ dose1 เข้มข้น 2.5 ug/plate และ dose 2 เข้มข้น 5 ug/plate [11]



ภาพที่ 5: ความสัมพันธ์ของจำนวนโคโลนีเชื้อก่อกลายพันธุ์ (revertant) ของเชื้อ TA 100 เมื่อได้รับ Sodium azide

ดูความแตกต่างของลักษณะและจำนวนโคโลนีของเชื้อเพลทที่ไม่เติมสารก่อกลายพันธุ์ (Negative Control) ซึ่งเติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.4 จำนวน 25 ไมโครลิตรต่อเพลท และเพลทที่เติมสารก่อกลายพันธุ์ (Positive Control) เติมสาร Sodium azide (NaN_3) เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 25 ไมโครลิตรต่อเพลท ทำการทดลองดังกล่าวเหมือนกันโดยทำในตู้ปลอดเชื้อมาตรฐานยี่ห้อ SUPER CLEAN รุ่น 120H เพื่อดูผลเปรียบเทียบลักษณะและจำนวนโคโลนีของเชื้อ

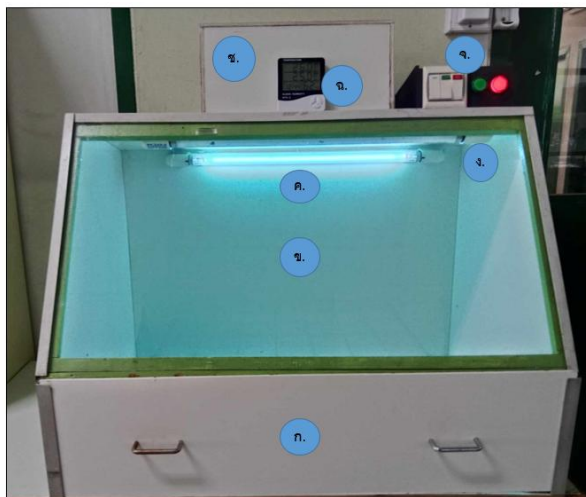
3. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า P-value [7]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ผลการประดิษฐ์ตู้เตรียมตัวอย่างงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแบบกรงอากาศในแนวตั้ง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการประดิษฐ์ตู้เตรียมตัวอย่างงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียตามขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 โดยนำข้อมูลจากการศึกษาและวิเคราะห์ มาจัดทำเตรียมตัวอย่างงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียและเครื่องมือของกิจกรรม แสดงดังภาพที่ 6

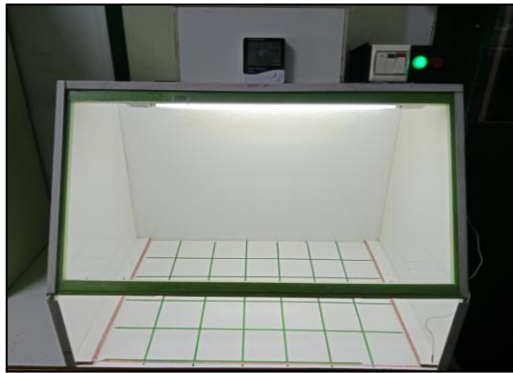


ภาพที่ 6: ตู้เตรียมตัวอย่างงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

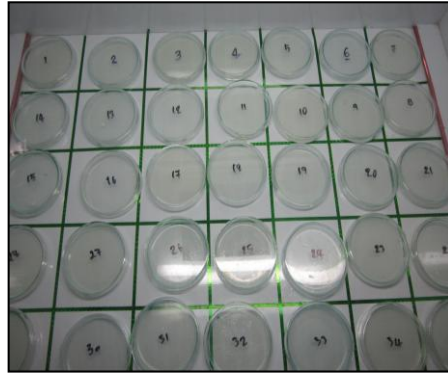
ก. ฝาปิดตู้กันฝุ่น ข. กระจกกันฝุ่นและแสงยูวี ค. หลอดยูวีสำหรับฆ่าเชื้อ ง. หลอดแสงสว่าง
จ. กล้องสวิตช์ควบคุมระบบต่าง ๆ ฉ. ชุดแสดงอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ ช. ชุดกรองอากาศภายนอกเข้าตู้

2. ผลการทดลองใช้ตู้ศึกษาความปลอดภัย

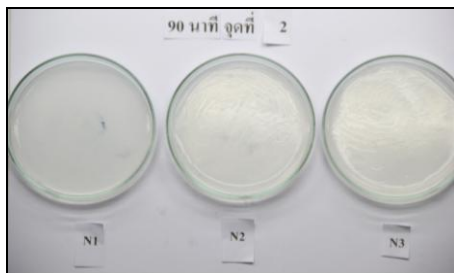
ผู้วิจัยทำการทดลองใช้งานตู้เตรียมตัวอย่างเพาะเลี้ยงแบคทีเรียที่ประดิษฐ์ขึ้น ตู้สามารถวางเพลทแก้วเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ในการทำงานสามารถวางเพลทแก้วเลี้ยงเชื้อได้สูงสุดถึง 35 อัน ซึ่งจะครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดในตู้ ดังภาพที่ 7 ก. ทดสอบเปิดฝาเพลทที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ (Culture medium) ทิ้งไว้ในตู้ครึ่งละ 35 เพลทดังภาพที่ 7 ข. ทำการทดสอบที่เวลา 30, 60 และ 90 นาที แล้วนำเพลทไปเพาะเชื้อในตูบ่มเชื้ออุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง สังเกตลักษณะของเชื้อที่เกิดขึ้น ทำการทดลองดังกล่าวจำนวน 3 ซ้ำ จากผลการทดลองพบว่าพื้นที่แต่ละจุดภายในตู้มีความสะอาดปลอดภัยจากเชื้อดังแสดงในภาพที่ 7 ค. ซึ่งเป็นตัวอย่างของการวางเพลทเลี้ยงเชื้อที่ตำแหน่งที่ 2 ภายในตู้เป็นเวลา 90 นาทีซึ่งเป็นเวลายาวนานที่สุดปรากฏว่าไม่พบเชื้อใด ๆ เกิดขึ้นหลังจากนำเพลทไปเพาะเชื้อในตูบ่มเชื้อ จากผลการทดลองพบว่าทุกเพลทไม่ปรากฏเชื้อใด ๆ เกิดขึ้นดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อ N = ไม่พบเชื้อ โดยเปรียบเทียบกับเพลทที่วางภายนอกตู้ (positive control) ซึ่งทุกเพลทจะมีเชื้อต่าง ๆ เจริญขึ้นดังแสดงในภาพที่ 7 ง.



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 7: การทดลองใช้ตู้ศึกษาความปลอดเชื้อ

ตารางที่ 1: ผลการวางเพลตในตู้ที่จุดต่าง ๆ ตั้งแต่ 1-35 ที่เวลา ก.= 30 นาที , ข = 60 นาที , ค. = 90 นาที

จุดที่	1	2	3
1	N	N	N
2	N	N	N
3	N	N	N
4	N	N	N
5	N	N	N
6	N	N	N
7	N	N	N
8	N	N	N
9	N	N	N
10	N	N	N
11	N	N	N
12	N	N	N
13	N	N	N
14	N	N	N
15	N	N	N
16	N	N	N
17	N	N	N
18	N	N	N
19	N	N	N
20	N	N	N
21	N	N	N
22	N	N	N
23	N	N	N
24	N	N	N
25	N	N	N
26	N	N	N
27	N	N	N
28	N	N	N
29	N	N	N
30	N	N	N
31	N	N	N
32	N	N	N
33	N	N	N
34	N	N	N
35	N	N	N

ก.

จุดที่	1	2	3
1	N	N	N
2	N	N	N
3	N	N	N
4	N	N	N
5	N	N	N
6	N	N	N
7	N	N	N
8	N	N	N
9	N	N	N
10	N	N	N
11	N	N	N
12	N	N	N
13	N	N	N
14	N	N	N
15	N	N	N
16	N	N	N
17	N	N	N
18	N	N	N
19	N	N	N
20	N	N	N
21	N	N	N
22	N	N	N
23	N	N	N
24	N	N	N
25	N	N	N
26	N	N	N
27	N	N	N
28	N	N	N
29	N	N	N
30	N	N	N
31	N	N	N
32	N	N	N
33	N	N	N
34	N	N	N
35	N	N	N

ข.

จุดที่	1	2	3
1	N	N	N
2	N	N	N
3	N	N	N
4	N	N	N
5	N	N	N
6	N	N	N
7	N	N	N
8	N	N	N
9	N	N	N
10	N	N	N
11	N	N	N
12	N	N	N
13	N	N	N
14	N	N	N
15	N	N	N
16	N	N	N
17	N	N	N
18	N	N	N
19	N	N	N
20	N	N	N
21	N	N	N
22	N	N	N
23	N	N	N
24	N	N	N
25	N	N	N
26	N	N	N
27	N	N	N
28	N	N	N
29	N	N	N
30	N	N	N
31	N	N	N
32	N	N	N
33	N	N	N
34	N	N	N
35	N	N	N

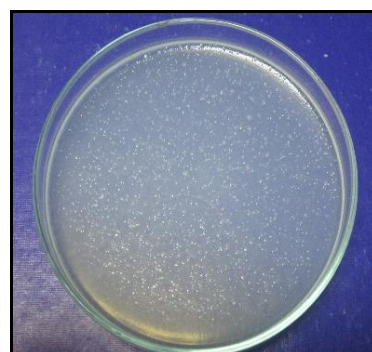
ค.

3. ผลการศึกษาการทดลองใช้ตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

ทดสอบเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Salmonellatyphimurium* (TA100) ซึ่งเป็นเชื้อที่ใช้ในการเรียนการสอนเป็นประจำ ตั้งแต่ขั้นตอนการเทอาหารเลี้ยงเชื้อลงเพลทและการกระจายเชื้อผสมกับสารทดสอบ เปรียบเทียบกันระหว่างการเตรียมตัวอย่างจากตู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นและตู้มาตรฐานตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Air Flow) ชนิด Horizontal ยี่ห้อ SUPER CLEAN รุ่น 120H จำนวน 9 เพลทต่อตู้ แล้วทดสอบเพาะเชื้อในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าลักษณะของเชื้อและจำนวนโคโลนีให้ผลไม่แตกต่างกัน ทั้งผลของเพลทที่ไม่เติมสารก่อกลายพันธุ์ (Negative Control) และผลของเพลทที่เติมสารก่อกลายพันธุ์ (Positive Control) โดยจำนวนโคโลนีของ Negative Control ของทั้งสองตู้ แต่ละเพลทไม่เกิน 100 โคโลนี ภาพที่ 8 ก. จำนวนโคโลนีของเพลทที่เตรียมตู้มาตรฐานที่ซื้อจากบริษัทนับได้เฉลี่ย 47.66 ± 15.85 โคโลนี เพลทจากตู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นนับได้เฉลี่ย 52.44 ± 17.61 โคโลนี จากตารางที่ 2 เมื่อนำไปทดสอบสถิติ t-Test: Paired Two Sample for Means ได้ค่า p-value = 0.25 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจำนวนโคโลนีของเชื้อที่เกิดขึ้นในเพลทจากตู้มาตรฐานที่และจำนวนโคโลนีจากตู้ที่ผลิตเองมีจำนวนโคโลนีเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่แตกต่างกันนั่นเอง ส่วนจำนวนโคโลนีของ Positive Control นับได้เกิน 600 โคโลนีในทุกเพลท ตามวิธีปฏิบัติเมื่อจำนวนโคโลนีมีจำนวนมากเกิน 600 โคโลนี ให้รายงานว่ามีมากกว่าจะนับได้ [10] ดังแสดงในภาพที่ 8 ข. แสดงให้เห็นว่าการทำการทดลองในตู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นมีความสะอาดและให้ผลการทดลองไม่แตกต่างจากตู้ปลอดเชื้อมาตรฐาน



ก.



ข.

ภาพที่ 8: ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่เลี้ยง

ก. แสดงจำนวนโคโลนีเพลท Negative Control ข. แสดงจำนวนโคโลนีเพลท Positive Control

ตารางที่ 2: ผลการนับจำนวนโคโลนี Negative Control ตู้ที่ซื้อจากบริษัทและจำนวนโคโลนี Negative Control ตู้ที่ผลิตเอง

เพลทที่	จำนวนโคโลนีตู้มาตรฐานที่ซื้อจากบริษัท	จำนวนโคโลนีตู้ที่ผลิตเอง
1	45	51
2	65	60
3	62	59
4	53	44
5	17	18
6	25	69

เพลตที่	จำนวนโคโลนีตามมาตรฐานที่ซื้อจากบริษัท	จำนวนโคโลนีที่ผลิตเอง
7	45	71
8	55	30
9	62	70
AV	47.66	52.44
SD	15.85	17.61

*P > 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

ตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ 1) ตัวตู้มีขนาด 60 x 90 x 70 เซนติเมตร วัสดุทำจากไม้อัดเคลือบผิวโพลีเอทานอลหนา 8 มิลลิเมตร ด้านหน้ามีกระจกปิดกันฝุ่นและแสงยูวี มีประตูสำหรับปิดกันฝุ่นหลังจากเลิกทำงาน ตัวตู้สามารถวางบนโต๊ะมีล้อทำให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก 2) ระบบกรองอากาศด้วย HEPA Filter ขนาด 12 นิ้ว ขับดันอากาศจากภายนอกเข้าในตู้ในแนวตั้งด้วยพัดลมขนาด 10 นิ้ว 3) ระบบให้แสงสว่างด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์กำลังไฟฟ้า 18 วัตต์และฆ่าเชื้อด้วยหลอดไฟ PHILIPS UV T8 TUV 18W (F17T8) จากองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบดังที่กล่าวมา จึงส่งผลให้อากาศภายนอกเคลื่อนที่เข้าในตู้ซึ่งเป็นอากาศสะอาดเพราะถูกกรองด้วยแผ่นกรอง HEPA [9] ซึ่งสามารถกักจับอนุภาคได้ขนาดเล็กที่สุดถึง 0.3 ไมครอน (แบคทีเรียมีขนาดประมาณ 0.4 ไมครอน) จึงทำให้มั่นใจได้ว่าสามารถกรองอากาศให้ปราศจากการปนเปื้อนสอดคล้องกับ นงนุช เอื้อวงศ์ (2557) [3] ได้จัดทำหนังสือเรื่อง การเตรียมปฏิบัติการเพื่อแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิชา “เทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์สัตว์” พบว่า ตู้ปลอดเชื้อเป็นอุปกรณ์ที่มีบริเวณการทำงานที่ปลอดเชื้อโดยในตู้จะมีตัวกรองหยาบและตัวกรองละเอียดเพื่อให้อากาศหมุนเวียนผ่านตัวกรองโดยทั่วไป ตู้ปลอดเชื้อจะมีการออกแบบเป็น 2 รูปแบบ คือป้องกันการปนเปื้อนเซลล์เพาะเลี้ยงจากผู้ทำงานและป้องกันผู้ทำงานจากการติดเชื้อมาจากเซลล์ และตู้ชีวนิรภัย (Biological Safety Cabinet) เป็นเครื่องมือควบคุมชนิดหนึ่งอาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์ พัดลมและแผ่นกรอง HEPA เพื่อปกป้องผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมให้ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค [1] ตู้ปลอดเชื้อที่พัฒนาขึ้นมีใช้ทุนในการผลิตประมาณหนึ่งหมื่นบาท ตัวตู้มีอายุการใช้งาน 10-15 ปี อายุการใช้งานของแผ่นกรอง HEPA อยู่ที่ 1-2 ปี ขึ้นอยู่กับความถี่ของการใช้งาน โดยผู้ใช้สามารถเปลี่ยนได้ด้วยตนเองทำให้สะดวกและประหยัด ราคาแผ่น HEPA ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร ราคาประมาณหนึ่งพันถึงสองพันบาทแล้วแต่ยี่ห้อ เมื่อเปรียบเทียบกับตู้มาตรฐานซึ่งมีราคาสูงประมาณสามแสนบาท อายุการทำงานประมาณ 5 ปีต้องทำการเปลี่ยน HEPA Filter ใช้ประมาณห้าหมื่นบาท ตู้ปลอดเชื้อที่สร้างขึ้นจึงสามารถใช้ในการทำงานได้จริงโดยมีคุณภาพไม่ต่างจากตู้มาตรฐาน คุณง่ายผู้ใช้สามารถจัดการเปลี่ยนอะไรและอุปกรณ์ได้ด้วยตนเอง มีความประหยัดพลังงานและงบประมาณมากกว่า

2. ผลการทดลองใช้ตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย จากผลการทดลองพบว่าพื้นที่แต่ละจุดภายในตู้มีความสะอาดปลอดจากเชื้อ จากการทดสอบเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียโดยใช้เชื้อ *Salmonella typhimurium* (TA100) ซึ่งเป็นเชื้อที่ใช้ในการเรียนการสอนเป็นประจำในห้องปฏิบัติการพิษวิทยาได้ให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ ผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทั้งลักษณะของเชื้อและจำนวนโคโลนีซึ่งเตรียมจากตู้ปลอดเชื้อมาตรฐาน ตู้ปลอดเชื้อมาตรฐาน หมายถึง Class II ซึ่งโดยทั่วไปแล้วต้องกำหนดการออกแบบและกำหนดคุณสมบัติตามมาตรฐานต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งมาตรฐานดังต่อไปนี้ NSF Standard 49, EN12469 : 2000 หรือ AS2252 [6] ตู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นจากการทดลองจึงมั่นใจได้ว่าสามารถใช้ดังกล่าวดังกล่าวสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียได้ ดังนั้นห้องปฏิบัติการพิษวิทยาจึงมีเครื่องมือเฉพาะคือตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย โดยแยกออกจากตู้ปลอดเชื้อสำหรับงานเพาะเลี้ยงเซลล์เนื้อเยื่อ (tissue culture) เพื่อลดความเสี่ยงและความเสียหายจากการปนเปื้อน

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประดิษฐ์เครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการพิษวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อช่วยแก้ปัญหาความเสี่ยงและความเสียหายของการปนเปื้อนจากการใช้เครื่องมือร่วมกัน (ตู้ปลอดเชื้อ) สำหรับการเรียนการสอนและทำงานวิจัยต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1) ประดิษฐ์ตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียและ 2) ศึกษาทดสอบประสิทธิภาพของตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย จากผลการวิจัยพบว่าตู้เตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น เมื่อนำมาใช้งานในการเตรียมตัวอย่างสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย ผู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นทำงานได้มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากตู้ปลอดเชื้อมาตรฐาน จากผลการวิจัยจึงมั่นใจได้ว่าเครื่องมือนี้นำไปใช้ทำงานในห้องปฏิบัติการเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้ ช่วยให้ห้องปฏิบัติการมีเครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อใช้งานเฉพาะเพิ่มขึ้นและสามารถใช้ในการเรียนการสอนรวมถึงการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาได้ ช่วยลดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือวิทยาศาสตร์ราคาแพง ตู้ปลอดเชื้อสำหรับงานเพาะเลี้ยงแบคทีเรียที่ผลิตขึ้นในครั้งนี้นี้ยังมีข้อจำกัดในบางประการ เช่น ความปลอดเชื้อในระยะการทำงานนาน ๆ หลายชั่วโมง การเคลื่อนย้ายลำบากเพราะเป็นตู้พื้นเรียบไม่มีล้อ การปรับปรุงคุณภาพของตู้ยังสามารถดำเนินการได้ เช่น การขยายระบบดูดอากาศจากภายนอกให้แรงขึ้นหรืออาจเพิ่มตัวกรองอากาศอีกหนึ่งชั้นเพื่อเพิ่มความสะอาดวัสดุที่ใช้ทำตู้หากสามารถเปลี่ยนเป็นวัสดุที่ทนต่อความชื้นก็จะทำให้คงทนขึ้น ผลงานวิจัยครั้งนี้ได้ช่วยแก้ปัญหาและตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ครบทุกข้อและหากมีการส่งเสริมจะสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์หรือนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา ปรศุพัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิด ข้อเสนอแนะ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นและคณะเภสัชศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกคนที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- 1 กระทรวงสาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2560). คู่มือมาตรฐานห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์และสาธารณสุข/[ออนไลน์]. สถานที่พิมพ์ บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด/[สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2566]. เข้าถึงได้จาก : http://narst.dmsc.moph.go.th/manuals/standard_manual_2560.pdf
- 2 เจริญศรีพรหมทา. (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุลามิเนตในงานโครงการต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- 3 นงนุช เอื้อวงศ์. (2555). การเตรียมปฏิบัติการเพื่อแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิชาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์สัตว์/[ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2566]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.sc.su.ac.th/knowledge/cell.pdf>
- 4 นันทวรรณ จินากุล. ดวงใจ จันทรัตน์. และ กานต์พิชชา นามจันทร์. (2560). ประสิทธิภาพของสารซักล้างและสารฆ่าเชื้อต่อการทำลายเชื้อบนพื้นห้องเพาะเลี้ยงเซลล์สัตว์. บุรพาเวชสาร ปีที่ 4 2560 (ฉบับที่ 2), 35 – 43
- 5 วงศ์วิวัฒน์ ทศนียกุลและคณะ. (2563). คู่มือปฏิบัติการพิษวิทยา (พิมพ์ครั้งที่ 1). ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- 6 วีรพงศ์ แดงประเสริฐ. (ม.ป.ป.). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Biohazard Safety Cabinet (ตู้ปลอดเชื้อ)/ [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2566]. เข้าถึงได้จาก : https://www.gibthai.com/service/note_detail/25. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ-Biohazard-Safety-Cabinet-ตู้ปลอดเชื้อ
- 7 วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ. (ม.ป.ป.). Statistical Evaluation of Analytical Data การประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล/[ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2566]. เข้าถึงได้จาก : <https://web.rmutp.ac.th/woravith/upload/AnalChem/ppt-evaluation.pdf>
- 8 สุกัลป์ วัฒนลอสมบุญ. (2565). การสร้างเครื่องบ่มเพาะเลี้ยงเซลล์อย่างง่ายเพื่อใช้ศึกษาผลกระทบของสัญญาณ Wi-Fi 6 ต่อเซลล์มนุษย์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า). บัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- 9 สุขใจ ผลอำไพสถิตย์ และ อรอนงค์ รัชตราเซนชัย. (2557). คู่มือการใช้ตู้ชีวนิรภัยอย่างถูกต้องปลอดภัย. (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี : โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- 10 ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร. (2555). การตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ในสมุนไพรด้วยวิธี Rapid Method : การอ่านผล. [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2567]. เข้าถึงได้จาก : news_and_articles/article/0240/การตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ในสมุนไพรด้วยวิธี-rapid-method-การอ่านผล
- 11 Kristien Mortelmans and Errol Zeigerb. (2001). The Ames Salmonella /microsome mutagenicity assay Mutation Research 455(2000) 29–60.
- 12 Robert M. Rioux and William A. (2023). Fume Hoods and Laminar Flow Cabinets/ [Internet]. cited 2024 Feb 12]; Available from : <https://app.jove.com/v/10372/fume-hoods-and-laminar-flow-cabinets>
- 13 Sagar Aryal. (2022). Ames Test – Introduction, Principle, Procedure, Uses and Result Interpretation/ [Internet]. [updated 2022 August 10 ; cited 2024 Feb 12]; Available from : <https://microbiologyinfo.com/ames-test/>



Kalasin University
Journal of Science Technology and Innovation

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Kalasin University Journal of
Science Technology and Innovation