

STJS

Print ISSN : 2730-3977

Online ISSN : 2773-9309

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Science and Technology Journal of Sisaket Rajabhat University

Volume 4 Number 1

(January - June 2024)

ปีที่ 4 เล่มที่ 1

(มกราคม - มิถุนายน 2567)





เจ้าของ	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ	
คณะที่ปรึกษา	อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
	คณบดีคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
	รองคณบดีคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
	ผู้ช่วยคณบดีคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
	หัวหน้าสำนักงานคณบดีคณะศิลปศาสตร์ฯ	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
บรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดชภณ ทองเติม	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
กองบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรพรรณ สิทธิศาสตร์	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนิษฐา อินธิจิต	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริพร ยศแสน	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
	อาจารย์ ดร.นิโรธ ศรีมันตะ	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
	อาจารย์ ดร.ภาควงุมิ ชินพฤทธิวงศ์	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
	นางอำพร ไกรกลาง	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
บรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewers)	ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
	ศาสตราจารย์ ดร.สิงหนาท พวงจันทร์แดง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	ศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
	รองศาสตราจารย์ ดร.เสมอใจ บุรินอก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตตะวัน กุโบล	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรายุส วรรณโนภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดือนเพ็ญ วงศ์สอน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัย กาบบัว	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญญา แสนมหายักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชพล มุ่งลือ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชชานันท์ ศรีสุภักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภักษร มาแสวง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิตี ผลมัตย์	มหาวิทยาลัยบูรพา
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญญา บุทธิจักร	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรายุ มุสิก	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐนิชา ทวีแสง	มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
	อาจารย์ ดร.จิรนนท์ แก้วมา	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา วิทยาเขตสตูล
	อาจารย์ ดร.ฐาณกร ฐิติเศรษฐ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
	อาจารย์ ดร.ปริยดา สิทธิศาสตร์	มหาวิทยาลัยบูรพา
	อาจารย์ ดร.ไมยรา เศรษฐุมาศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
	อาจารย์ ดร.อนุพันธ์ สุวรรณพันธ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
	ดร.เอกสิทธิ์ อักษร	สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 11 (นครราชสีมา)



วัตถุประสงค์	เพื่อส่งเสริมให้คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิตนักศึกษา และผู้สนใจทั่วไปได้เผยแพร่ผลงานวิชาการและผลงานวิจัย ตลอดจนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมุ่งเน้นในกลุ่มสาขาวิชาที่มีการเปิดสอนในคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ได้แก่ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประยุกต์ ซึ่งประกอบด้วยสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และดิจิทัล สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ สาขาเทคโนโลยีโยธาและสถาปัตยกรรม สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และกลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้แก่ สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สาขาสารสนเทศสุขชุมชน และสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา
ลิขสิทธิ์	กองบรรณาธิการวารสาร จะไม่รับพิจารณาบทความที่เป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ ในกรณีที่มีการละเมิดลิขสิทธิ์ขึ้น ทางผู้เขียนเป็นผู้รับผิดชอบแต่เพียงฝ่ายเดียว
หมายเหตุ	วารสารราย 6 เดือน เผยแพร่ทุก ๆ กลางเดือนมิถุนายน และธันวาคม บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารเป็นทัศนะ ลิขสิทธิ์ และความรับผิดชอบของผู้เขียนเจ้าของผลงาน



บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ (Science and Technology Journal of Sisaket Rajabhat University) เล่มนี้ ได้ทำการเผยแพร่เป็น ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มีบทความวิจัยและบทความวิชาการที่น่าสนใจ จำนวนทั้งสิ้น 8 บทความ ซึ่งทุกบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบบทความ (peer reviewer) ซึ่งเป็นบุคคลภายนอกจากหลากหลายสถาบัน อย่างน้อย 3 ท่าน/บทความ ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับประกาศ ก.พ.อ. เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ พ.ศ. 2564 และเพื่อพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพ ในนามของกองบรรณาธิการ ขอขอบคุณนักวิจัยที่สนใจส่งบทความเพื่อเผยแพร่ในวารสารของเรา และขอขอบคุณคณะผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ประเมินบทความและได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิชาการ

สำหรับสมาชิกและผู้สนใจทั่วไป ที่ต้องการส่งบทความวิจัย/บทความวิชาการ เพื่อเผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษของเรา สามารถศึกษาคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับได้ที่หน้าเว็บไซต์ของวารสารฯ หัวข้อคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับใน <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/STJS/> โดยวารสารของเราเปิดรับบทความตลอดทั้งปี มีกำหนดเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 เผยแพร่ในช่วงเดือน มกราคม - มิถุนายน และฉบับที่ 2 เผยแพร่ในช่วงเดือน กรกฎาคม - ธันวาคม ของทุกปี และสามารถส่งบทความเพื่อเผยแพร่ในวารสารของเราได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เตชณ ทองเต็ม)

บรรณาธิการวารสาร



สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
ผลของโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสร้างสุขภาพจิต ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ปราณี ศรีบุญเรือง จุฑามาศ แก้วจันดี วัฒนรัตน์ คุณาพันธ์ อธิวัฒน์ สายทอง เมธาวุฒิ พงษ์ธนู ธรรมญพร เพ็งสีแสง และวารี นันทสิงห์	1-15
การพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชนในผู้ใหญ่ โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร กฤษณา ชูเสน กมลรัตน์ ลุนพิลา และอนุชิตา ซาลี	16-33
การศึกษาบริบทและแนวทางการพัฒนาศักยภาพผู้สูงอายุ เพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมในจังหวัดลำปาง เบญจมาศ ยศเสนา ศรีจันทร์ พลัฒ์จัน ปานจันทร์ อิ่มหน้า อัญชิภาญณ์ ภูธรใจ พิชญาภา จันทศรี และพิมภา อิมสำราญรัตน์	34-44
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนาปรุงรส จิระนันท์ วงศ์วัณญู ปิยฉัตร ทองแพง เมธี ไชยหา และอภิญา ภูมิสาຍดอน	45-54
การศึกษาผลของแผนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของข้าวเหนียวดำในพื้นที่ป่าเปิดใหม่ วิมลศิริ สีหะวงษ์ สุวิจักขณ์ อรุณลักษณ์ และสายัณห์ สืบผาง	55-62
การบำบัดน้ำเสียจากศูนย์อาหารโรงเรียนไกรภักดีวิทยาคม ด้วยจุลินทรีย์ประสิทธิภาพอัดแท่ง ธีรนนท์ พินธุรัตน์ ศิริรัตน์ ทารักษ์ และอภิญา ไชยรา	63-72
การศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลากรอบ จิระนันท์ วงศ์วัณญู ศันสนีย์ ทิมทอง และศุภักษร มาแสวง	73-88
ผลของการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ในอาหารไก่ไข่ต่อผลผลิตและคุณภาพไข่ ดวงจันทร์ โพธิสาร อรทัย จันดากร สิทธิชัย คุณเรือง และณัฐธิยา เกื้อทาน	89-95

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
(Science and Technology Journal of Sisaket Rajabhat University)
(บทความวิจัย)



ผลของโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต
ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

Effects of the Dietary Program, Physical Activity, and Mental Health
Promotion Among Overweight in High School Students

ปราณี ศรีบุญเรือง¹ จุฑามาศ แก้วจันดี¹ วัฒนรัตน์ คุณาพันธ์¹ อธิวัฒน์ สายทอง²
เมธาวุฒิ พงษ์ธนู² ธรณญูพร เพ็งสีแสง² และ วารีย์ นันทสิงห์^{2*}

Pranee Sriboonruang¹ Chuthamat Kaewchandee¹ Wanyarat Kunapan¹ Athiwat Saitong²
Metawut Phongthanu² Thanyaporn Pengseesang² and Waree Nantasing^{2*}

¹สาขาวิชาสาธารณสุขชุมชน คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

²สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

¹Division of Community Health, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket Province

² Division of Sports Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket Province

*Corresponding Author: waree.n@sskru.ac.th

Received: February 6, 2024

Revised: February 11, 2024

Accepted: February 12, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดอุบลราชธานี ที่พบอัตราภาวะน้ำหนักเกินสูงสุดของจังหวัด และมีภาวะน้ำหนักเกิน (ดัชนีมวลกาย $\geq 23 \text{ kg/m}^2$) เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 40 คน ส่วนกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดศรีสะเกษ ที่พบอัตราภาวะน้ำหนักเกินสูงสุดของจังหวัด และมีภาวะน้ำหนักเกิน จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ โปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง กันยายน 2566 เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลองจากแบบประเมินดัชนีมวลกาย เปรอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เปรอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อ และแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า (9Q) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ สถิติอนุมานใช้ Independent sample t-test ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการทดลองกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนหลังการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีค่าดัชนีมวลกาย เปรอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และภาวะซึมเศร้า ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$ และเปรอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อ ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร และกิจกรรมทางกาย สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$ ดังนั้นจึงควรนำโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน นี้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมกับกลุ่มที่มีภาวะน้ำหนักเกินกลุ่มอื่นในพื้นที่อื่น ๆ

คำสำคัญ: การบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย การเสริมสร้างสุขภาพจิต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาวะน้ำหนักเกิน



Abstract

The quasi-experimental research aimed to assess the efficacy of a comprehensive program involving dietary modifications, physical activity, and mental health promotion among overweight high school students. The experimental group consisted of 40 overweight students from a high school in Ubon Ratchathani province, which had the highest overweight rate (body mass index $\geq 23 \text{ kg/m}^2$) in the province, while the control group comprised 40 overweight students from a high school in Sisaket Province, which also had a high overweight rate. The study spanned 12 weeks from July to September 2023. Data were collected before and after the intervention, including body mass index (BMI), body fat percentage, muscle mass percentage, and responses to a structured questionnaire on demographic characteristics, knowledge about diet and exercise, eating behavior, physical activity, and depression (9Q). Statistical analyses included frequency, percentage, mean, standard deviation, and independent sample t-tests. Prior to the intervention, there were no significant differences between the experimental and control groups. However, after the intervention, the experimental group showed lower BMI, body fat percentage, and depression levels compared to the control group, with statistical significance at $p\text{-value} < 0.05$. Additionally, the experimental group exhibited higher muscle mass percentage, knowledge about diet and exercise, and healthier eating and physical activity behaviors compared to the control group, also with statistical significance at $p\text{-value} < 0.05$. Therefore, the dietary program, physical activity, and mental health promotion among overweight high school students showed promising results and could be applied in organizing similar activities for overweight groups in other areas.

Keywords: Dietary program, Physical activity, Mental health promotion, High school students, Overweight

1. บทนำ

ภาวะโภชนาการเกินหรืออ้วน เป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญทั้งในประเทศที่พัฒนาและกำลังพัฒนา และมีแนวโน้มปัญหาเพิ่มมากขึ้น ในปี ค.ศ. 2020 มีเด็กอ้วนทั่วโลกมากกว่า 65 ล้าน และเกือบ 44 ล้าน ของเด็กกลุ่มนี้อาศัยอยู่ในประเทศกำลังพัฒนา (World Health Organization, 2021) สำหรับประเทศไทย จากรายงานการสำรวจสุขภาพประชากรไทย พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2564 พบความชุกของภาวะโภชนาการเกินในวัยรุ่น อายุ 12-19 ปี ร้อยละ 9.7 และ 13.8 ตามลำดับ (Department of Health, 2020a) โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคอ้วนในเด็กวัยรุ่น คือ การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารตามกระแสนิยม และวิถีชีวิตประจำวันที่เปลี่ยนไป มีการรับประทานอาหารเช้า ๆ เกือบทุกวันจนเกินความต้องการของร่างกาย หรือรับประทานอาหารที่ให้พลังงานสูงและมีการออกกำลังกายน้อย (Bureau of Nutrition, Department of Health, 2019) ดังนั้น การป้องกันภาวะโภชนาการเกินหรืออ้วน ควรเริ่มตั้งแต่วัยเด็ก มาตรการการป้องกันและควบคุมภาวะโภชนาการ เกินที่สำคัญ คือ การปรับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร พฤติกรรมการเคลื่อนไหวและการออกกำลังกาย รวมทั้ง การปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการปรับพฤติกรรม

ปัญหาพฤติกรรมสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับภาวะโภชนาการเกินของวัยรุ่น ได้แก่ พฤติกรรมการบริโภคอาหารและพฤติกรรมการออกกำลังกาย อาหารมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทั้งทางด้านร่างกายและสมองตามวัย ซึ่งวัยรุ่นต้องได้รับสารอาหารที่เพียงพอและเหมาะสมกับวัย การได้รับสารอาหารมากเกินไป ความต้องการหรือได้รับสารอาหารจากการบริโภค



ปริมาณปกติ แต่พลังงานไม่ได้ถูกใช้อย่างสมดุล ทำให้สารอาหารที่จะสร้างพลังงานเหลือเก็บไว้ในรูปของไกลโคเจนหรือไขมัน เกิดการพอกพูนไขมันตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำให้เกิดปัญหาภาวะโภชนาการเกินและอ้วนได้ (Ayanan et al, 2016) ภาวะอ้วนเป็นภัยเงียบที่ผู้ใหญ่มักคาดไม่ถึงหรือไม่ให้ความสำคัญ ภาวะอ้วนจะส่งผลกระทบต่อเด็ก ครอบคลุมและสังคมในทุกมิติทั้งด้านร่างกาย ด้านจิตใจและอารมณ์ ด้านสังคม และด้านเศรษฐกิจ คือ 1) ผลกระทบต่อตัวเด็ก ได้แก่ ด้านร่างกาย ร้อยละ 50-70 ของเด็กอ้วน จะมีปัญหาเกี่ยวกับระบบกระดูกและข้อ ระบบทางเดินหายใจ มีโอกาส เกิดการหยุดหายใจเวลา นอน มีความผิดปกติทางผิวหนัง มักพบรอยคอดำ (acanthosis nigricans) (Khunwichit, 2016) 2) ด้านจิตใจและอารมณ์ พบว่าเด็กที่มีภาวะอ้วนจะมีปัญหาเกี่ยวกับบุคลิกภาพ โดยเด็กจะมีความกังวลและอายเกี่ยวกับรูปลักษณ์ของตนเองมากขึ้น ซึ่งเด็กที่อ้วนมักโดนเพื่อนแกล้งและล้อเลียน ขาดความมั่นใจ ทำให้ไม่ต้องการไปโรงเรียน ไม่เป็นที่ยอมรับของกลุ่มเพื่อน อาจไม่เป็นที่สนใจของเพื่อนต่างเพศ และในบางคนอาจวิตกกังวลมากทำให้เกิดอาการซึมเศร้าได้ (Daniels, 2006) และ 3) ผลกระทบต่อครอบครัวและสังคม ถ้าเด็กอ้วนมีการเจ็บป่วยเรื้อรังจะส่งผลกระทบต่อครอบครัวทั้งด้าน บทบาท รายได้ และสัมพันธภาพ 4) ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ จากการใช้จ่ายเงินเพื่อดูแลสุขภาพที่เกิดจากการเจ็บป่วยและตายก่อนวัยอันควร (Srithanya, 2018)

การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก มีผลให้การดำเนินชีวิตในเรื่องการบริโภคอาหาร มากเกินความต้องการ และกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายลดลง นำไปสู่การเกิดโรคอ้วน (obesity) และโรคเรื้อรังที่ไม่ติดต่อต่าง ๆ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ซึ่งมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในปี 2018 องค์การอนามัยโลกได้ประกาศว่า มีประชากรกว่า 2,800 ล้านคนทั่วโลกเสียชีวิตโดยมีสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน ซึ่งเป็นสาเหตุที่สามารถป้องกันได้ ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลกได้มีการสำรวจเด็กทั่วโลกล่าสุดเมื่อปี 2519 มีการประมาณว่าเด็กในวัยแรกเกิดถึงอายุ 5 ปี หรือที่เรียกว่าช่วงปฐมวัยมีปัญหาโรคอ้วนถึง 41 ล้านคน ยิ่งไปกว่านั้นเด็ก ในวัยเรียนและวัยรุ่นช่วงอายุ 5-19 ปีมีปัญหาโรคอ้วนถึง 332 ล้านคน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (World Health Organization, 2021) นอกจากปัญหาสุขภาพแล้วผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วนจะประสบปัญหาด้านคุณภาพชีวิต โดยผลกระทบนี้จะแปรผันตามระดับความรุนแรงของโรคอ้วน นอกจากนั้นยังพบร่วมกับปัญหาด้านสุขภาพจิต เช่น ภาวะเครียด ซึมเศร้า วิตกกังวล ขาดความมั่นใจในตนเอง เป็นต้น ผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคม อ้างอิงจากการศึกษาในประเทศรายได้สูงพบว่าโรคอ้วนยังมีผลกระทบเชิงลบต่อโอกาสในการจ้างงาน โอกาสในการศึกษา โอกาสในการสมรสและการถูกทอดทิ้งจากสังคม ผลกระทบทางเศรษฐกิจที่มีความชัดเจนที่สุดคือมีค่าใช้จ่ายเพื่อรักษาพยาบาล ที่จ่ายโดยผู้ป่วยและครอบครัวและที่รองรับโดยสังคม

ซึ่งจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการดูแลสุขภาพของตนเองของวัยรุ่นที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ ศึกษาผลของโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ ระดับความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า ก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม เพื่อที่จะนำไปสู่การต่อยอดพัฒนารูปแบบการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกินต่อไป ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้สรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้

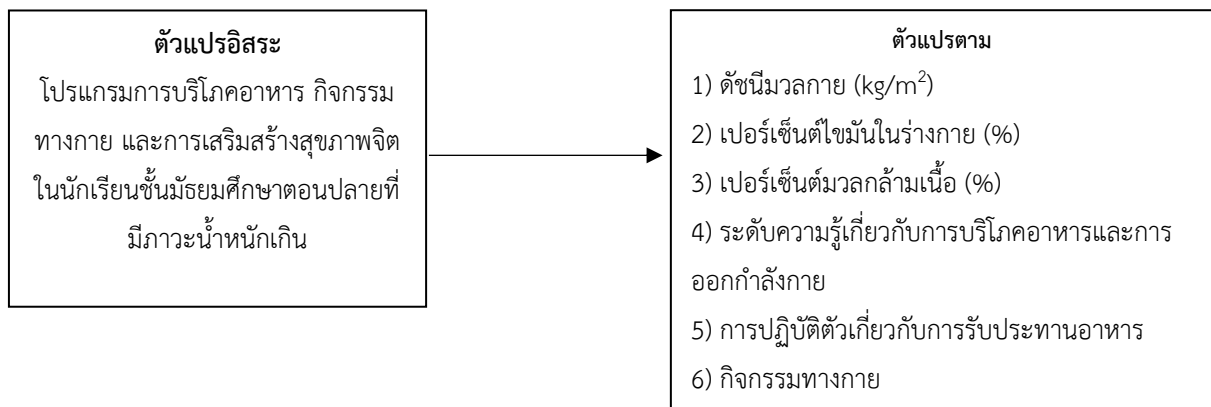


Figure 1. Conceptual framework

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi – experimental research) แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (two group pretest-posttest design) ดำเนินการช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน 2566 โดยการทำวิจัยในครั้งนี้ ได้มีการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงวัตถุประสงค์ กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลและสิทธิที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยแล้วสามารถถอนตัวออกจากการวิจัยได้ตลอดเวลาหากต้องการ ได้รับการพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี เลขที่ SSJ.2566-011 วันที่รับรอง 2 มีนาคม 2566

2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดศรีสะเกษ ที่พบอัตราภาวะน้ำหนักเกินสูงสุด ทั้งหมด 1,992 คน (Regional Health Promotion Center 10, 2023)

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 80 คน คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป sample size calculators (University of California San Francisco, 2021) โดยกำหนดอำนาจทดสอบ (power of test) เท่ากับ 0.80 กำหนดความเชื่อมั่นที่ 0.05 และขนาดความสัมพันธ์ของตัวแปร (effect size) ที่ 0.50 ได้จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำแนกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 40 คน โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ดังนี้

1) กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดอุบลราชธานี ที่พบอัตราภาวะน้ำหนักเกินสูงสุดของจังหวัด และมีภาวะน้ำหนักเกิน โดยวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก จำนวน 40 คน

2) กลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดศรีสะเกษ ที่พบอัตราภาวะน้ำหนักเกินสูงสุดของจังหวัด มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก จำนวน 40 คน



โดยมีการคัดเลือกคุณสมบัติ ดังนี้

- เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย (inclusion criteria)

- 1) ดัชนีมวลกาย $\geq 23 \text{ kg/m}^2$ (Department of Disease Control, 2020)
- 2) อายุระหว่าง 16 - 18 ปี
- 3) ยินดีและมีความสนใจที่จะเข้าร่วมโครงการวิจัย

- เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย (exclusion criteria)

- 1) มีโรคประจำตัว หรือเคยมีประวัติการเจ็บหน้าอกทั้งขณะพักและขณะออกกำลังกาย

- เกณฑ์ตัดออกจากการวิจัย (withdrawal criteria)

- 1) เข้าร่วมการฝึกตามโปรแกรมไม่ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลา 12 สัปดาห์
- 2) ไม่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัยต่อ
- 3) ได้รับความบาดเจ็บที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว
- 4) เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้ เช่น ย้ายสถานศึกษา เป็นต้น

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) โปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

2) แบบประเมิน

- ดัชนีมวลกาย (kg/m^2) (Department of Disease Control, 2020)

23.0-24.9 กก./ตร.ม. (อ้วนระดับ 1)

25.0-29.9 กก./ตร.ม. (อ้วนระดับ 2)

≥ 30 กก./ตร.ม. (อ้วนระดับ 3)

- เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย โดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectrical Impedance

Analysis: BIA)

ผู้หญิง	ผู้ชาย	คำอธิบาย
10-13%	2-5%	มีไขมันค่อนข้างน้อย เท่าที่จำเป็น
14-20%	6-13%	มีไขมันพอประมาณ (กลุ่มนักกีฬา)
21-24%	14-17%	มีไขมันพอประมาณ (กลุ่มคนออกกำลังกายเป็นประจำ)
25-31%	18-25%	มีไขมันพอประมาณ อยู่เกณฑ์ปกติ (กลุ่มคนทั่วไป)
32% ขึ้นไป	25% ขึ้นไป	มีไขมันมากเกินไป ควรลดปริมาณไขมัน

- เปอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย

ผู้หญิง	ผู้ชาย	คำอธิบาย
$< 24.4\%$	33.4%	ค่ามวลกล้ามเนื้อระดับต่ำ
24.4-30.2%	33.4-39.4%	ค่ามวลกล้ามเนื้อระดับปกติ
30.3-35.2%	39.5-44.1%	ค่ามวลกล้ามเนื้อระดับสูง
$\geq 35.3\%$	44.2%	ค่ามวลกล้ามเนื้อระดับสูงมาก



3) แบบสอบถาม ประกอบด้วย

- ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย ลักษณะเป็นคำถามให้เลือกตอบ ใช่/ไม่ใช่ จำนวน 20 ข้อ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน รวมเป็น 20 คะแนน กำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง มีคะแนนเฉลี่ย 13.33–20.00 คะแนน ระดับปานกลาง มีคะแนนเฉลี่ย 6.67–13.32 คะแนน และระดับต่ำ มีคะแนนเฉลี่ย 0–6.66 คะแนน (Bloom, 1971)

- การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร คำตอบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ ดังนี้ ปฏิบัติทุกครั้ง ปฏิบัติบ่อยครั้ง ปฏิบัติบางครั้ง ปฏิบัตินาน ๆ ครั้ง และไม่ปฏิบัติ โดยคำถามเชิงบวก มีระดับคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2, 1 และคำถามเชิงลบ 1, 2, 3, 4, 5 ตามลำดับ จำนวน 12 ข้อ กำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนแต่ละประเด็นเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง มีคะแนนเฉลี่ย 44.01–60.00 คะแนน ระดับปานกลาง มีคะแนนเฉลี่ย 28.01–44.00 คะแนน และระดับต่ำ มีคะแนนเฉลี่ย 12.00–28.00 คะแนน (Best & Kahn, 1997)

- กิจกรรมทางกาย คำตอบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ ดังนี้ ปฏิบัติทุกครั้ง ปฏิบัติบ่อยครั้ง ปฏิบัติบางครั้ง ปฏิบัตินาน ๆ ครั้ง และไม่ปฏิบัติ โดยคำถามเชิงบวก มีระดับคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2, 1 และคำถามเชิงลบ 1, 2, 3, 4, 5 ตามลำดับ จำนวน 12 ข้อ กำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนแต่ละประเด็นเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง มีคะแนนเฉลี่ย 44.01–60.00 คะแนน ระดับปานกลาง มีคะแนนเฉลี่ย 28.01–44.00 คะแนน และระดับต่ำ มีคะแนนเฉลี่ย 12.00–28.00 คะแนน (Best & Kahn, 1997)

- ภาวะซึมเศร้า แบบประเมินโรคซึมเศร้าด้วย 9 คำถาม (9Q) ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ (Department of Mental Health, 2020) คะแนนรวมการแปลผล

≥ 19 คะแนน	โรคซึมเศร้าระดับรุนแรง
13 – 18 คะแนน	โรคซึมเศร้าระดับปานกลาง
7 – 12 คะแนน	โรคซึมเศร้าระดับน้อย
< 7 คะแนน	ไม่มีอาการโรคซึมเศร้าหรือมีอาการน้อยมาก

ผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. การหาความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยนำแบบสอบถาม ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบเนื้อหาโครงสร้างแบบสอบถาม โดยนำแบบสอบถาม ที่สร้างเสร็จแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพจำนวน 5 ท่าน คำนวณค่า IOC (Index of Objective Congruence) เท่ากับ 0.94 และโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกินที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบเนื้อหาโครงสร้าง เพื่อให้คำแนะนำ ผู้วิจัยปรับแก้ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. การหาความเชื่อมั่น (Reliability) นำแบบสอบถามจำนวน 30 ชุด ไปทำการทดสอบ ในโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่ง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีบริบทของกลุ่มตัวอย่างและลักษณะของพื้นที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ก่อนที่จะนำไปใช้จริงและนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และทดสอบความเชื่อมั่นโดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.87

2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นเตรียมการ

1) คณะผู้วิจัยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูล

2) ติดต่อประสานงาน จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล



- 3) ชี้แจงกลุ่มตัวอย่าง ที่มีความสนใจและสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย
- 4) คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 16 - 18 ปี จำนวน 80 คน ตามเกณฑ์ที่วางไว้
- 5) คณะผู้วิจัยทำการชี้แจงรายละเอียดวิธีการปฏิบัติ ขั้นตอนดำเนินการ และให้คำแนะนำก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจในวิธีการเก็บข้อมูลให้เข้าใจตรงกัน
- 6) กลุ่มตัวอย่าง เข้ารับการตรวจวัดดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ และประเมินความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า เป็นการประเมินก่อนการทดลอง

ขั้นตอนการตามโปรแกรม

กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่ดูแลสุขภาพร่างกายปกติ ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ มีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดย 1) เข้ารับการตรวจวัดดัชนีมวลกาย 2) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 3) มวลกล้ามเนื้อ และประเมินความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า เป็นการประเมินก่อนการทดลอง (pre-test) ในสัปดาห์ที่ 1 และประเมินหลังการทดลอง (post-test) ในสัปดาห์ที่ 12

กลุ่มทดลอง ดำเนินการทดลองตามโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจในการป้องกันโรคของ โรเจอร์ (Rogers, 1983) และพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ. ประกอบด้วย อาหารดี ออกกำลังกาย และอารมณ์ดี ของกรมอนามัย (Department of Health, 2020b) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ รายละเอียดการดำเนินการทดลอง ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1 กิจกรรมครั้งที่ 1 โดย 1) เข้ารับการตรวจวัดดัชนีมวลกาย 2) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 3) มวลกล้ามเนื้อ และประเมินความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า เป็นการประเมินก่อนการทดลอง (pre-test) ในสัปดาห์ที่ 1 ค้นข้อมูลสุขภาพ สร้างสัมพันธภาพ ชี้แจงการบันทึกข้อมูลแบบบันทึกพฤติกรรม บรรยายความรู้เรื่องการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย ประกอบด้วยกิจกรรม

1) การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (aerobic exercise) เป็นรูปแบบการออกกำลังกายเพื่อมุ่งเน้นพัฒนาสมรรถภาพของระบบหัวใจ ปอด และหลอดเลือด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ความถี่ในการออกกำลังกาย : ประจำทุกวัน
- ความหนักของการออกกำลังกาย : ระดับปานกลางถึงหนักมาก โดยมีอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ที่เป็นกิจกรรมการออกกำลังกายที่มีความหนักสูง (ความหนักของการออกกำลังกายระดับปานกลาง หมายถึง กิจกรรมที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ช่วงระหว่าง 64 - <76 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด, ความหนักของการออกกำลังกายระดับหนักมาก หมายถึง กิจกรรมที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ช่วงระหว่าง 76 - <96 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด)
- ระยะเวลาการออกกำลังกาย : อย่างน้อย 60 นาทีต่อวัน
- ชนิดของการออกกำลังกาย : เป็นกิจกรรมที่มาจากความสนุกสนาน ทำได้อย่างต่อเนื่องแบบแอโรบิก เช่น วิ่ง เดินเร็ว ว่ายน้ำ เต้น ปั่นจักรยาน เป็นต้น

2) การออกกำลังกายแบบแรงต้าน (muscle strengthening exercise) เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่มุ่งเน้นพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ความถี่ในการออกกำลังกาย: อย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์
- ระยะเวลาการออกกำลังกาย: อย่างน้อย 60 นาทีต่อวัน



- ชนิดของการออกกำลังกาย: เป็นกิจกรรมที่ได้ออกแรงกล้ามเนื้อ แบ่งออกได้เป็น (1) กิจกรรมที่ไม่มีแบบแผน (unstructured) เช่น การเล่นอุปกรณ์ในสนามเด็กเล่น การปีนต้นไม้ การปีนกำแพง เป็นต้น (2) กิจกรรมที่มีแบบแผน (structured) เช่น การยกน้ำหนัก การออกกำลังกายด้วยยางยืด เป็นต้น

3) การออกกำลังกายแบบสร้างความแข็งแรงของกระดูก (Bone strengthening exercise) เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่มุ่งเน้นพัฒนาความแข็งแรงของกระดูก การสะสมมวลกระดูก และการเจริญของโครงสร้างกระดูก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ความถี่ในการออกกำลังกาย: อย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์
- ระยะเวลาการออกกำลังกาย: อย่างน้อย 60 นาทีต่อวัน
- ชนิดของการออกกำลังกาย: เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมความแข็งแรงของกระดูก เช่น วิ่ง กระโดดเชือก บาสเกตบอล เทนนิส เป็นต้น

และการเสริมสร้างสุขภาพจิต ประกอบด้วยสื่อที่หลากหลาย ได้แก่ แผ่นพับให้ความรู้ You tube, smart phone, power point

สัปดาห์ที่ 2 กิจกรรมครั้งที่ 2 และ 3 ทบทวนความรู้เรื่องการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต สร้างการรับรู้ความรุนแรง การรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ต่อพฤติกรรมบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต การรับรู้ความสามารถในตนเอง และพฤติกรรมบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต ตามหลัก 3 อ. โดยใช้ตัวแบบของบุคคลที่สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในวัยรุ่น

สัปดาห์ที่ 3-10 กิจกรรมครั้งที่ 4 กระตุ้นเตือน และทบทวนความรู้เรื่องการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต โดยกระบวนการประกอบด้วย การเล่าประสบการณ์จากตัวแบบการจูงใจกระตุ้นทางอารมณ์ การซักถาม การนำเสนอ สรุปผล

สัปดาห์ที่ 11 กิจกรรมครั้งที่ 5 การสร้างความภาคภูมิใจในความสามารถของตนและประเมินผลการปฏิบัติเกี่ยวกับการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต

สัปดาห์ที่ 12 กิจกรรมครั้งที่ 6 ติดตาม และ 1) ตรวจวัดดัชนีมวลกาย 2) เพอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 3) มวลกล้ามเนื้อและประเมินความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า เป็นการประเมินหลังการทดลอง (post-test)

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางประชากรด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของดัชนีมวลกาย เพอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เพอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อ ระดับความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า ก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มทดลองส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 55.00 อายุเฉลี่ย 17.29 ปี (S.D.=0.95) รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 3,880.12 บาท (S.D.=297.23) และประวัติโรคอ้วนจากญาติสายตรง ร้อยละ 65.00 ส่วนกลุ่มควบคุม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 55.00 อายุเฉลี่ย 17.08 ปี (S.D.=0.84) รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 3,890.59 บาท (S.D.=345.92) และประวัติโรคอ้วนจากญาติสายตรง ร้อยละ 62.50 โดยผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกิจกรรมครบตามกระบวนการ 12 สัปดาห์ (Table 1.)

Table 1. Number and percentage of general information of the sample (n=80)

General information	Experimental group (n=40)		Control group (n=40)	
	Number	Percentage	Number	Percentage
Gender				
Male	18	45.0	18	45.0
Female	22	55.0	22	55.0
Age (years)				
16	14	35.0	14	35.0
17	13	32.5	14	35.0
18	13	32.5	12	30.0
Average age (S.D.)	17.29 (0.95)		17.08 (0.84)	
Monthly income (baht)				
< 3,000	12	30.0	12	30.0
3,000 – 6,000	15	37.50	14	35.0
> 6,000	13	32.5	14	35.0
Average monthly income (S.D.)	3,880.12 (297.23)		3,890.59 (345.92)	
Family history of obesity				
Yes	26	65.00	25	62.50
No	14	35.00	15	37.50

3.2 ผลของโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย เเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ ระดับความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า ก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่า ก่อนการทดลองกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าดัชนีมวลกาย อยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับ 1 ค่าเฉลี่ย 24.37 kg/m² (S.D.= 2.45) เเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย อยู่ในระดับมากเกินไป ค่าเฉลี่ย 30.97% (S.D.= 5.02) และภาวะซึมเศร้า อยู่ในระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 10.37 (S.D.= 2.45) ซึ่งค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value <0.05 ส่วนเปอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อ อยู่ในระดับปกติ ค่าเฉลี่ย 30.08% (S.D.= 3.38) ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออก



กำลังกายอยู่ในระดับสูง ค่าเฉลี่ย 18.37 (S.D.= 2.45) การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหารอยู่ในระดับสูง ค่าเฉลี่ย 57.97 (S.D.= 5.02) กิจกรรมทางกาย อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 42.00 (S.D.= 2.35) ซึ่งค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$ (Table 2.)

Table 2. Compare differences in body mass index (kg/m^2), body fat percentage (%), muscle mass percentage (%), knowledge about diet and exercise, behavior regarding eating, physical activity, and depression before and after the experiment between the experimental group and the control group.

Variable	Experimental group (n=40)			Control group (n=40)			t	p-value
	$\bar{X}$	S.D.	Interpretation of results	$\bar{X}$	S.D.	Interpretation of results		
Body mass index (kg/m ²)								
Before	28.55	3.02	Obesity level 2	28.46	2.60	Obesity level 2	0.89	0.962
After	24.37	2.45	Obesity level 1	28.55	2.95	Obesity level 2	-5.26	0.003*
Body fat percentage (%)								
Before	36.38	8.63	Very high	36.24	8.55	Very high	0.74	0.830
After	30.97	5.02	Normal	37.32	10.67	Very high	-4.95	0.000*
Muscle mass percentage (%)								
Before	23.43	3.96	Low	23.49	3.96	Low	-0.81	0.841
After	30.08	3.38	Normal	24.05	5.88	Low	7.38	0.001*
Knowledge about diet and exercise								
Before	12.55	3.02	Moderate	13.18	2.60	Moderate	-0.86	0.967
After	18.37	2.45	High	13.22	2.95	Moderate	9.29	0.003*
Behavior regarding eating								
Before	42.38	8.63	Moderate	42.78	8.56	Moderate	-2.74	0.833
After	57.97	5.02	High	47.97	9.67	Moderate	10.95	0.000*
Physical activity								
Before	25.43	6.96	Low	25.75	7.72	Low	-2.84	0.841
After	42.00	2.35	Moderate	26.65	5.88	Low	9.32	0.000*
Depression								
Before	16.55	3.02	Moderate	16.58	2.60	Moderate	-0.89	0.956
After	10.37	2.45	Low	16.52	2.95	Moderate	-5.26	0.005*

* $p\text{-value} < 0.05$

4. อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงผลของโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน จำนวน 80 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ใช้กิจกรรมของโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะ



น้ำหนักเกิน จำนวน 40 คน และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่ดูแลสุขภาพร่างกายปกติ ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ จำนวน 40 คน มีการดำเนินการเข้าร่วมกิจกรรม 6 ครั้ง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ได้แก่ อายุ เพศ ค่าดัชนีมวลกาย (เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และภาวะซึมเศร้า ก่อนการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน

การศึกษาผลของโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน พบว่าในกลุ่มทดลองภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมฯ ค่าหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าดัชนีมวลกาย อยู่ในเกณฑ์อ้วนระดับ 1 ค่าเฉลี่ย 24.37 kg/m^2 เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย อยู่ในระดับมากเกินไป ค่าเฉลี่ย 30.97% (S.D.= 5.02) และภาวะซึมเศร้า อยู่ในระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 10.37 ซึ่งค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$ เนื่องจากโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ที่ประกอบไปด้วย 5 กิจกรรม ซึ่งโปรแกรมฯ จะช่วยกระตุ้นให้กลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิต เกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติตัว และสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพในด้านการรับประทานอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตของตนเองได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พงษ์เอก สุโกส และทัศนาศ จารุชาติ (Suksai & Jaruchart, 2022) ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมการส่งเสริมพฤติกรรมลดน้ำหนักในเด็ก การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 80 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 40 คน และกลุ่มควบคุม 40 คน การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างและการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก โดยกลุ่มทดลองจะได้รับโปรแกรมการส่งเสริมพฤติกรรมลดภาวะน้ำหนักเกินในเด็ก ระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมการส่งเสริมพฤติกรรมลดความอ้วนในเด็ก มีประสิทธิผลต่อการส่งเสริมพฤติกรรมลดภาวะน้ำหนักเกินในเด็กได้ โดยในกลุ่มทดลองสามารถปรับเปลี่ยนเจตคติการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมความตั้งใจใฝ่พฤติกรรม และพฤติกรรมลดความอ้วนส่งผลดีกว่ากลุ่มควบคุม ($p\text{-value} < 0.001$) และสามารถลดน้ำหนักได้เฉลี่ย 0.87 กิโลกรัม (95% CI 0.52-1.12; $p\text{-value} < 0.001$) จากนั้นเมื่อเปรียบเทียบกลับกลุ่มควบคุมแล้ว การดำเนินโปรแกรมส่งเสริมพฤติกรรมลดความอ้วนในเด็กสามารถทำได้อย่างต่อเนื่องในระยะเวลา 8 สัปดาห์เพื่อประสิทธิผลการส่งเสริมพฤติกรรมลดความอ้วนและการควบคุมน้ำหนักของเด็กอ้วนให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

จากผลการวิจัย พบว่า ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมฯ กลุ่มตัวอย่างมีเปอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อ อยู่ในระดับปกติ ค่าเฉลี่ย 30.08% ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกายอยู่ในระดับสูง ค่าเฉลี่ย 18.37 (S.D.= 2.45) การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหารอยู่ในระดับสูง ค่าเฉลี่ย 57.97 (S.D.= 5.02) กิจกรรมทางกาย อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 42.00 (S.D.= 2.35) ซึ่งค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saad et al. (2021) ที่ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการเดิน 12 สัปดาห์ ต่อการวัดสัดส่วนร่างกาย ในผู้สูงอายุในรัฐซาราวัก ประเทศมาเลเซีย โดยมีเป้าหมายการเดิน 7,000 ก้าวและกิจกรรมการเดินเป็นกลุ่มในทุกสัปดาห์ เป็นการศึกษาถึงทดลองซึ่งกลุ่มตัวอย่างจะเป็นผู้สูงอายุ จำนวน 109 คน ที่มีดัชนีมวลกาย (BMI) 22.5 kg/m^2 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการวัดค่าดัชนีมวลกาย องค์ประกอบของร่างกาย และจำนวนก้าวเฉลี่ยต่อวัน ในสัปดาห์ที่ 6 และ สัปดาห์ที่ 12 วิเคราะห์การวัดซ้ำของความแปรปรวนด้วย t-test พบว่า ผู้เข้าร่วมทั้งหมด 48 คน จาก 61 คน ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมฯ มีเปอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมฯ มีกิจกรรมทางกายที่เป็นการเดิน 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรม สอดคล้องกับงานวิจัยของนภัสสร สุขสง (Suksong, 2022) ที่ได้ศึกษาผลของโปรแกรมสร้างเสริมกิจกรรมทางกายด้วยการเดินที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเอง กิจกรรมทางกาย และ



สมรรถภาพทางกายในนักเรียนที่มีภาวะน้ำหนักเกิน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนอายุ 9-12 ปี จำนวน 33 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง และทำการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับฉลาก แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมจำนวน 15 คน ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติและกลุ่มทดลอง จำนวน 18 คน เข้าร่วมโปรแกรมส่งเสริมการมีกิจกรรมทางกายด้วยการเดิน โดยสวมเครื่องนับก้าวตั้งแต่วันที่ 07.30-15.30 น. ในวันจันทร์-ศุกร์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย มวลไขมัน และความอดทนของระบบหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองมีค่าเมท จำนวนก้าวเดิน และค่าเฉลี่ยของระดับกิจกรรมทางกายที่ความหนักปานกลางถึงสูงสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับโปรแกรมการสร้างเสริมการมีกิจกรรมทางกายด้วยการเดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับกิจกรรมทางกายที่ความหนักปานกลางถึงสูง ค่าเมท และจำนวนก้าวเดิน และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการรับรู้ความสามารถของตนเอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สรุปผลของโปรแกรมสร้างเสริมการมีกิจกรรมทางกายด้วยการเดินมีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาพฤติกรรมด้านสุขภาพในทางที่ดีขึ้น ด้วยการส่งเสริมให้บุคคลมีกิจกรรมทางกายและการรับรู้ความสามารถของตนเองเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ สุรีย์ ทั้งทอง และสุเมธรัตน์ ขนอม (Thungtong & Khanom, 2021) กล่าวว่า ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงในทางบวก ซึ่งเกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภคอาหาร และพฤติกรรมออกกำลังกาย ด้วยวิธีการให้ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่ถูกต้องและเหมาะสม จึงทำให้เกิดการรับรู้ความสามารถของตนเองว่า สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้ สอดคล้องกับ Jugsingto (2017) กล่าวว่า การได้รับโปรแกรมการรับรู้ความสามารถของตนเองร่วมกับโปรแกรมการออกกำลังกาย และได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว สามารถส่งผลต่อประสิทธิภาพในการส่งเสริมการรับรู้ความสามารถของตนเองในการออกกำลังกายและสุขภาพได้เช่นกัน

จากการผลการศึกษาการวิจัยครั้งนี้ ได้แสดงผลของโปรแกรมสามารถเพิ่มระดับกิจกรรมทางกายได้ ซึ่งโปรแกรมสร้างเสริมกิจกรรมทางกายด้วยการเดินได้ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงการมีระดับกิจกรรมทางกายที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันถึงแม้ว่านักเรียนจะปฏิบัติตามโปรแกรมและคำแนะนำของผู้วิจัย แต่ก็มีแนวโน้มว่ากิจกรรมทางกายด้วยการเดินอาจไม่ได้มีความหนักเพียงพอที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกาย (ได้แก่ ค่าดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เปอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อ) ให้มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งการมีกิจกรรมทางกายที่สามารถพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (ได้แก่ ความอดทนของระบบหัวใจและระบบไหลเวียนเลือด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และสัดส่วนของร่างกาย) ของนักเรียนที่ดีขึ้นได้ (Panidchakul & Samranbua, 2013) นอกจากนี้ ในโปรแกรมสร้างเสริมกิจกรรมทางกายด้วยการเดินได้มีการจัดกิจกรรมการให้ความรู้ คำแนะนำ และการส่งเสริมในด้านการเรียนรู้ปัญหาทางสังคม ด้านโภชนาการ และด้านกิจกรรมทางกายและการออกกำลังกาย ซึ่งในด้านโภชนาการเป็นเพียงการให้ความรู้และคำแนะนำในการเลือกบริโภคอาหารให้เหมาะสมกับวัย การแยกแยะประเภทของอาหารและสารอาหาร และการหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเท่านั้นแต่ไม่ได้มีการควบคุมการบริโภคอาหาร และอาจเป็นเพราะมีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางกายภาพทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนที่ไม่เอื้อต่อการควบคุม ซึ่งเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยากหรืออาจไม่สามารถปรับเปลี่ยนบริบทแวดล้อมบริเวณรอบโรงเรียนได้ ได้แก่ การจำหน่ายอาหารในโรงเรียนที่ไม่เหมาะสม หรือเป็นอาหารที่มีไขมันและอาหารที่ให้พลังงานสูงต่อร่างกายภายในโรงเรียน อีกทั้งเวลาช่วงเช้าและหลังเลิกเรียนจะมีตลาดนัดสัญจรที่มีการแวะเวียนนำอาหารต่าง ๆ มาจำหน่ายใกล้บริเวณโรงเรียน นักเรียนก็จะแวะซื้ออาหารเหล่านั้นทุกครั้งเมื่อมีโอกาส โดยเฉพาะอาหารที่มีไขมันและให้พลังงานสูง เครื่องดื่มหรือน้ำอัดลมที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จึงไม่เอื้อต่อการควบคุมการบริโภคของนักเรียนได้ ดังนั้น แค่การให้ความรู้และคำแนะนำและปรับการสร้างพฤติกรรมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเพียงอย่างเดียว จึงอาจเป็นผลให้การเพิ่มขึ้นของระดับกิจกรรมทางกายในช่วง 12 สัปดาห์ ยังไม่สามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายได้



ดังนั้น การกำหนดเป้าหมาย การทำให้สำเร็จ และการทราบผลสำเร็จตามเป้าหมาย อาจเป็นเหตุผลของการเพิ่มขึ้นของการรับรู้ความสามารถของตนเองของนักเรียนในกลุ่มทดลอง ดังที่ World Health Organization (2021) กล่าวว่า การสร้างเป้าหมายในบริโภคนาอาหารและการออกกำลังกายในแต่ละครั้งถือเป็นสิ่งที่ช่วยผลักดันให้ตนเองมีความมุ่งมั่นและช่วยกระตุ้นให้บุคคลเกิดความสนใจและมีความตั้งใจที่จะอยากชนะ หรือแข่งกับตนเองเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายที่ตนได้สร้างไว้ให้สำเร็จ โปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกินจึงให้ความสำคัญกับการกำหนดเป้าหมายร่วมกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ประกอบด้วย 5 กิจกรรม ดำเนินการทดลอง จำนวน 12 สัปดาห์ในกลุ่มตัวอย่าง พบว่า หลังเข้าร่วมโปรแกรม กลุ่มทดลองมีค่าดัชนีมวลกาย เฮอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และภาวะซึมเศร้า ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$ และเฮอร์เซ็นต์มวลกล้ามเนื้อ ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย การปฏิบัติตัวเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร และกิจกรรมทางกาย สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$ ซึ่งโปรแกรมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ให้ความสำคัญกับการกำหนดเป้าหมายร่วมกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม สำหรับข้อเสนอแนะมีดังนี้

5.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1) การส่งเสริมการบริโภคอาหาร กิจกรรมทางกาย และการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษา ควรพิจารณา กิจกรรมที่เหมาะสม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกิน เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมและการปฏิบัติที่เหมาะสม

2) องค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการเก็บข้อมูลชนิดเดียวกันอย่างต่อเนื่องเพื่อเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของภาวะสุขภาพ และใช้กำหนดแนวทางการส่งเสริมสุขภาพในระยะยาวต่อไป เพื่อนำผลที่ได้ไปวางแผนการจัดกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีภาวะน้ำหนักเกินในจังหวัดอุบลราชธานีและจังหวัดศรีสะเกษต่อไป

3) ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีภาวะค่าดัชนีมวลกายและเฮอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่เกินเกณฑ์ ดังนั้นควรมีการส่งเสริม สนับสนุนให้กลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีการทำกิจกรรมทางกายที่มากขึ้นและลดพฤติกรรมเนือยนิ่ง เช่น การเดิน การปั่นจักรยาน การขึ้นบันได หรือการเคลื่อนไหวเปลี่ยนอิริยาบถทุก ๆ 2 ชั่วโมง เป็นต้น

4) องค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดกิจกรรมอบรม สนับสนุนให้ความรู้ด้านหลักการในการออกกำลังกายเบื้องต้นและการส่งเสริมสุขภาพในเรื่องของการปรับพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อลดพฤติกรรมเนือยนิ่งที่ส่งผลให้ค่าดัชนีมวลกายและเฮอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

1) การขยายกลุ่มตัวอย่างการวิจัย การวิจัยในอนาคตควรพิจารณาการขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังกลุ่มอายุที่หลากหลาย เพื่อประเมินผลลัพธ์ที่อาจแตกต่างกัน

2) ควรมีการเก็บข้อมูลนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาทั้งระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งตามช่วงอายุในแต่ละช่วงเพื่อให้เห็นผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



3) ควรมีการเก็บข้อมูลองค์ประกอบร่างกายด้านอื่น ๆ เช่น ข้อมูลสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพอื่น ๆ เพื่อสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อการวางแผนการจัดกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมต่อไป

4) ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างชั้นปี เพื่อกระตุ้นส่วนงานที่รับผิดชอบด้านสุขภาพให้เกิดการดูแลสุขภาพประชาชนอย่างทั่วถึง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาสาธารณสุขชุมชน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยทุกท่านที่ได้ช่วยชี้แนะแนวทางและการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัย และที่ขาดไม่ได้คือกลุ่มตัวอย่างที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยจนสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- Ayanan, P., Chomchuen, T., & Tangkawanit, T. (2016). Factors Related Obesity Behavior of Senior High School Students in Muang District, Chiang Rai Province. Journal of Health Research and Development Nakhon Ratchasima Public Health Provincial Office, 7(1), 75-89. (in Thai)
- Best, JW., & Kahn, JV. (1997). Research in Education. 8th ed. Boston: Allyn & Bacon.
- Bloom, BS. (1971). Handbook on formative and summative evaluation of student learning. New York: McGraw-Hill.
- Bureau of Nutrition, Department of Health. (2019). Obesity and overweight in Thailand [Online]. Retrieved August 1, 2023, from: https://nutrition2.anamai.moph.go.th/web-upload/6x22caac0452648c8dd1f534819ba2f16c/202205/m_news/37262/209779/file_download/3796cd9543ac569b6087a749b1c8a3ae.pdf
- Daniel, TM. (2006). History of Mental Health. Respiratory Medicine, 100, 1862-1870.
- Department of Disease Control. (2020). Know Your Numbers & Know Your Risks [Online]. Retrieved July 11, 2023, from: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1064820201022081932.pdf> (in Thai)
- Department of Health. (2020a). Manual for controlling and preventing overnutrition. 4th ed. Nonthaburi: Military Welfare Organization. (in Thai)
- Department of Health. (2020b). 3A2S: Disease prevention code [Online]. Retrieved July 9, 2023, from: https://multimedia.anamai.moph.go.th/infographics/info_190-protect/ (in Thai)
- Department of Mental Health. (2020). Depression assessment form 9 questions (9Q) [Online]. Retrieved July 9, 2023, from: [https://dmh.go.th/test/download/files/2Q%209Q%208Q%20\(1\).pdf](https://dmh.go.th/test/download/files/2Q%209Q%208Q%20(1).pdf) (in Thai)
- Jugsingto, C. (2017). Effectiveness of health behavior modification program in high risk group for diabetes hypertension and obesity. Master of Public Health Thesis. Chachoengsao: Rajabhat Rajanagarindra University. (in Thai)
- Khunwichit, P. (2016). Factors influencing obesity risk behavior in school-age children. Prachinburi Province. Nakhon Pathom: Mahidol University. (in Thai)
- Panidchakul, K., & Samranbua, A. (2013). An application of transtheoretical model to promote exercise. The Journal of Boromarajonani College of Nursing, Nakhon Ratchasima, 19(1), 66-75. (in Thai)
- Regional Health Promotion Center 10. (2023). Thai School Lunch Program on Nutritional Status of School-Aged Children: Case Study of Anuban Ubon Ratchathani [Online]. Retrieved July 11, 2023, from: <https://hpc10.anamai.moph.go.th/th/dbresearch-hpc10/download?id=107527&mid=37940&mkey=mdocument&lang=th&did=40094> (in Thai)



- Saad, MF., Cheah, WL., & Hazmi, H. (2021). The effects of a 7000-step goal and weekly group walking program for overweight and obese elderly people in Sarawak, Malaysia: a quasi-experimental study. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 54(3), 199.
- Srithanya, S. (2018). The effects of a planned behavior program on the eating behavior and physical activity behavior of late primary school-aged children. Master of Nursing Science Thesis. Bangkok: Faculty of Nursing, Thammasat University. (in Thai)
- Suksai, P., & Jaruchart, T. (2022). Knowledge, Attitude, and Health Behaviors and Obesity of Students in Muang District, Phitsanulok Province. *Christian University Journal*, 28(3), 20-35. (in Thai)
- Suksong, N. (2022). The effects of a walking physical activity enhancement program on self-efficacy, physical activity and physical fitness in overweight students. Master of Science Thesis. Faculty of Physical Education, Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Thungtong, S., & Khanom, S. (2021). The Effectiveness of a Health Behavior Modification Program on Risk Factor Reduction in Patients with Chronic Non-Communicable Diseases Attending at Tambon Health Promotion Hospital in the Southern Thailand. *Journal of Health Sciences and Pedagogy*, 1(2), 1-15. (in Thai)
- University of California San Francisco. (2021). Sample Size Calculators for designing clinical research [Online]. Retrieved September 10, 2023, from: <https://sample-size.net/>
- World Health Organization. (2021). Obesity and overweight [Online]. Retrieved August 1, 2023, from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>



การพัฒนาแบบแผนการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชนในผู้ใหญ่
โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร

Development of a Care Model for Community-Acquired Pneumonia Patients
in Kwang Hospital, Kwang District, Yasothon Province

กฤษณา ชูเสน^{1*} กมลรัตน์ ลุนพิลา¹ และ อนุชธิดา ชาลี¹

Krisana Choosen^{1*} Kamonrat Lunpila¹ and Anuchtida Chalee¹

¹กลุ่มงานการพยาบาล โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร

¹Nursing Department, Khawang hospital, Khawang district, Yasothon Province

*Corresponding Author: krisana2511@gmail.com

Received: January 15, 2024

Revised: January 30, 2024

Accepted: February 6, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินผลการพัฒนาแบบแผนการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชนในผู้ใหญ่ ผู้ร่วมวิจัยมี 2 กลุ่ม คือ ผู้พัฒนาแบบ 19 คน เลือกแบบเจาะจง และผู้ประเมินแบบเลือกทุกคนที่เข้าตามเกณฑ์ที่กำหนด แบ่งเป็น ผู้ปฏิบัติ 31 คนและเวรระเบียนผู้ป่วย 144 คน ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ 15 กันยายน – 31 ธันวาคม 2566 การพัฒนามี 2 วนรอบ 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติ สังเกตการณ์ และการสะท้อนผล รวบรวมข้อมูลโดยศึกษาเอกสาร แบบสอบถาม และการสนทนากลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การจัดหมวดหมู่ และสรุปประเด็นสำคัญ

ผลการวิเคราะห์สถานการณ์พบว่าแนวทางการดูแลผู้ป่วยที่ยังไม่ได้ร่นลงสู่การปฏิบัติ ทำให้มีความหลากหลายในการดูแลผู้ป่วย เกิดการติดขัดในกระแสเลือดและภาวะระบบหายใจล้มเหลวในอัตราสูงและมีผู้ป่วยเสียชีวิต นำไปสู่การจัดตั้งทีมพัฒนาแนวทางการดูแล โดยร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพทบทวนและปรับแนวทางการดูแลผู้ป่วย จัดประชุมชี้แจงทำความเข้าใจแนวทางที่พัฒนาขึ้น และกำกับติดตามการปฏิบัติตามแนวทาง ผลของการพัฒนาพบว่าทุกตัวชี้วัดผ่านตามเกณฑ์ โดยผู้ปฏิบัติมีความคิดเห็นและความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วยในระดับมากที่สุด การปฏิบัติตามแนวทางการดูแลผู้ป่วยเพิ่มขึ้น อัตราการติดขัดในกระแสเลือดและภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวลดลง อัตราการส่งต่อผู้ป่วยเป็นไปตามเกณฑ์ และไม่มีผู้ป่วยเสียชีวิต ทั้งนี้สรุปรูปแบบเป็น 6Cs คือ (1) การตั้งทีมพัฒนาแนวทางการดูแลผู้ป่วย (Core team) (2) ทบทวนและปรับปรุงแนวทางการดูแลผู้ป่วย (CPG) (3) การพัฒนาสมรรถนะบุคลากร (Competency) (4) สื่อสารกับผู้เกี่ยวข้อง (Communication) (5) การกำกับปฏิบัติตามแนวทางและตัวชี้วัด (Check) และ (6) ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง (Continuous) สรุปได้ว่ารูปแบบการดูแลที่พัฒนาขึ้นส่งผลให้ผลลัพธ์ต่อผู้ป่วยดีขึ้น

คำสำคัญ: การพัฒนาแบบแผนการดูแล โรคปอดอักเสบชุมชน โรงพยาบาลชุมชน



Abstract

This action research aimed to develop and assess a model for managing community-acquired pneumonia in adult patients. The research involved two groups: model developers, selected through purposive sampling (19 individuals), and evaluators meeting specified criteria. These evaluators included practitioners (31 individuals) and 144 patient records. The research was conducted from September 15 to December 31, 2023, comprising two development cycles of planning, action, observation, and reflection. Data collection methods included document analysis, questionnaires, and group interviews. Quantitative data were analyzed using frequency and percentage, while qualitative data were categorized and summarized to identify key issues.

Analysis revealed that despite the existence of clinical practice guidelines, their implementation was lacking, resulting in a variety of patient care approaches and elevated rates of sepsis, respiratory failure, and mortality. Consequently, a team was established to develop care guidelines, collaborating with a multidisciplinary team to refine them. Training sessions were conducted to ensure understanding and implementation of the guidelines, with ongoing supervision for adherence. The development result demonstrated that all key performance indicators met established criteria, with practitioners expressing high levels of satisfaction. The implementation of the guidelines led to increased practitioner adherence, reductions in infection and respiratory failure rates, and ensured compliance with referral criteria, resulting in no reported fatalities. In summary, the developed care model embodies the 6Cs: (1) Core team, (2) Clinical Practice Guideline, (3) Competency, (4) Communication, (5) Check, and (6) Continuous. Overall, the model resulted in improved patient outcomes.

Keywords: Development of a Care Model, Community-Acquired Pneumonia, Community hospital

1. บทนำ

ปอดอักเสบชุมชน (Community-Acquired Pneumonia; CAP) คือปอดอักเสบที่เกิดจากการติดเชื้อนอกโรงพยาบาล เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของโลก ติด 1 ใน 5 อันดับโรคที่ต้องเฝ้าระวังเนื่องจากเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับหนึ่งของกลุ่มโรคติดเชื้อทั้งหมด รวมทั้งมีความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด (sepsis) สูงขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุและมีโรคเรื้อรัง แม้ในปัจจุบันจะมีการดูแลผู้ป่วยที่ดีขึ้น และมียาปฏิชีวนะที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งพยาบาลเป็นหนึ่งในทีมสุขภาพสำคัญที่ดูแลประเมินอาการผู้ป่วยอย่างใกล้ชิดตั้งแต่แรกรับไปจนถึงการดูแลต่อเนื่องในแผนกผู้ป่วยในการค้นหาผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงตั้งแต่แรก (early detection) อย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งพัฒนาแนวทางที่ช่วยในการตัดสินใจปฏิบัติการพยาบาลได้อย่างเหมาะสม จะนำไปสู่การป้องกันการเกิด sepsis และระบบทางเดินหายใจล้มเหลว

สาเหตุหลักของการเสียชีวิตในผู้ป่วย CAP เกิดจากระบบทางเดินหายใจล้มเหลว sepsis และอวัยวะล้มเหลวหลายระบบ ส่วนปัจจัยเสี่ยงของการเสียชีวิตใน 48 ชั่วโมงแรก คือ อายุมาก ภาวะไม่รู้สึกตัวเมื่อแรกรับ ปอดอักเสบหลายกลีบ ความดันโลหิตต่ำเมื่อแรกรับ เชื้อสาเหตุเป็น *Streptococcus pneumoniae* รวมทั้งได้ยาฆ่าเชื้อไม่เหมาะสม ไม่ครอบคลุมเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* (Garcia-Vidal et al., 2008) งานวิจัยในต่างประเทศพบผู้ป่วย CAP ที่นอนโรงพยาบาลเกิด severe sepsis ถึงร้อยละ 37.6 (Montull et al., 2016) ส่วนงานวิจัยในประเทศไทยพบว่าการติดเชื้อปอดอักเสบเป็นสาเหตุ



อันดับ 1 ของ sepsis พบร้อยละ 26.5 (Limsirichaiyaku, 2010) งานวิจัยที่ทำในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิ พบว่าอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วย CAP ร้อยละ 23.4 โดยพบว่าเกิดจากปัญหาผู้ป่วยที่ส่งต่อจากโรงพยาบาลชุมชน ทั้งผู้ป่วยเข้าถึงการรักษาซ้ำ รักษาภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดซ้ำและไม่ได้มาตรฐาน และการดูแลระบบหายใจล้มเหลวไม่ได้ประสิทธิภาพ (Klaipim, 2020)

โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร เป็นโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียง ไม่มีอายุรแพทย์ มีหอผู้ป่วยในรวม 1 หอ และไม่มีหอผู้ป่วยวิกฤต ระยะทางห่างจากโรงพยาบาลยโสธร 64 กิโลเมตร การจัดการผู้ป่วย CAP ของโรงพยาบาลค้อวังมีทีมนำทางคลินิก (Patient Care Team; PCT) เป็นผู้พัฒนาแนวทางในการดูแลผู้ป่วย (Clinical Practice Guideline; CPG) มีการจำแนกประเภทผู้ป่วย โดยปรับปรุงจากแนวทางเวชปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นโดย Thoracic Society of Thailand under Royal Patronage (2001) ตั้งแต่ปี 2560 โดยจะมีการจำแนกผู้ป่วยเป็น not severe และ severe การแยกประเภทเชื้อและให้การรักษา การทบทวนข้อมูลผู้ป่วย CAP 3 ปีย้อนหลังในปี 2564-2566 (ข้อมูลถึงเดือนกรกฎาคม 2566) มีผู้ป่วยจำนวน 169, 288 และ 197 คน ตามลำดับ คิดเป็นอัตราป่วยต่อแสนประชากร 815.8, 1,390.0 และ 953.8 ซึ่งสูงกว่าระดับประเทศประมาณ 4-5 เท่า ส่วนใหญ่เป็นผู้ใหญ่อายุ 15 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 91.7, 69.8 และ 71.1 เป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการเกิด sepsis แยกเป็นอายุ 70 ปีขึ้นไปร้อยละ 51.5, 36.5 และ 42.6 และมีโรคเรื้อรังร้อยละ 25.4, 20.5 และ 15.2 มีผู้ที่ต้องนอนรักษาตัวในโรงพยาบาล จำนวน 141, 201 และ 178 คนตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 83.4, 69.8 และ 90.4 มีผู้ป่วยเกิด sepsis และ septic shock ร้อยละ 21.9, 10.1 และ 11.2 มีผู้ป่วยที่ต้องส่งต่อโรงพยาบาลยโสธรร้อยละ 24.9, 22.2 และ 14.7 ผลการติดตามการส่งต่อพบว่าไม่มีผู้ป่วยเสียชีวิต แต่ในปี 2566 มีผู้ป่วยเสียชีวิตระหว่างส่งต่อ 1 คน

จากการที่โรงพยาบาลค้อวังพบผู้ป่วย CAP มีการเกิด sepsis และภาวะระบบหายใจล้มเหลวในอัตราสูง ส่งผลให้มีผู้ป่วยเสียชีวิต ดังนั้นการมีแนวทางดูแลร่วมกันจากทีมสหสาขาวิชาชีพ โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ต้องนอนโรงพยาบาลจึงมีความสำคัญที่จะช่วยให้ผู้ป่วย CAP ได้รับการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยในส่วนของพยาบาลเป็นทีมสุขภาพที่มีบทบาทสำคัญในการประเมินผู้ป่วยและให้การดูแลอย่างใกล้ชิด แต่ในการวิเคราะห์สาเหตุในส่วนของพยาบาล พบว่า เกิดจากการไม่ทราบแนวทางการคัดกรองผู้ป่วยที่มีความเสี่ยง ใช้ความรู้และประสบการณ์ของพยาบาลที่แตกต่างกันในการดูแลผู้ป่วย รวมทั้งแนวทางการรักษาผู้ป่วย CAP ที่กำหนดโดย PCT ซึ่งพัฒนาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2560 ยังไม่ได้นำลงสู่การปฏิบัติ รวมทั้งขาดการเชื่อมโยงระหว่างสหสาขาวิชาชีพ

จากเหตุผลที่กล่าวมาผู้วิจัยในฐานะพยาบาลผู้ป่วยในและเป็นที่ปรึกษาทีมสุขภาพ PCT มีหน้าที่สำคัญร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพในการจัดระบบบริการดูแลผู้ป่วย CAP ให้มีคุณภาพและได้มาตรฐาน จึงพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วย CAP ที่มีความเสี่ยงตั้งแต่แรกเริ่ม จนถึงการดูแลต่อเนื่องเมื่อต้องนอนรักษาในโรงพยาบาล เพื่อเชื่อมโยงแนวทางการดูแลผู้ป่วยสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ (1) เพื่อพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชนในผู้ใหญ่ (2) เพื่อศึกษาผลการพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชนในผู้ใหญ่ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้สรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้

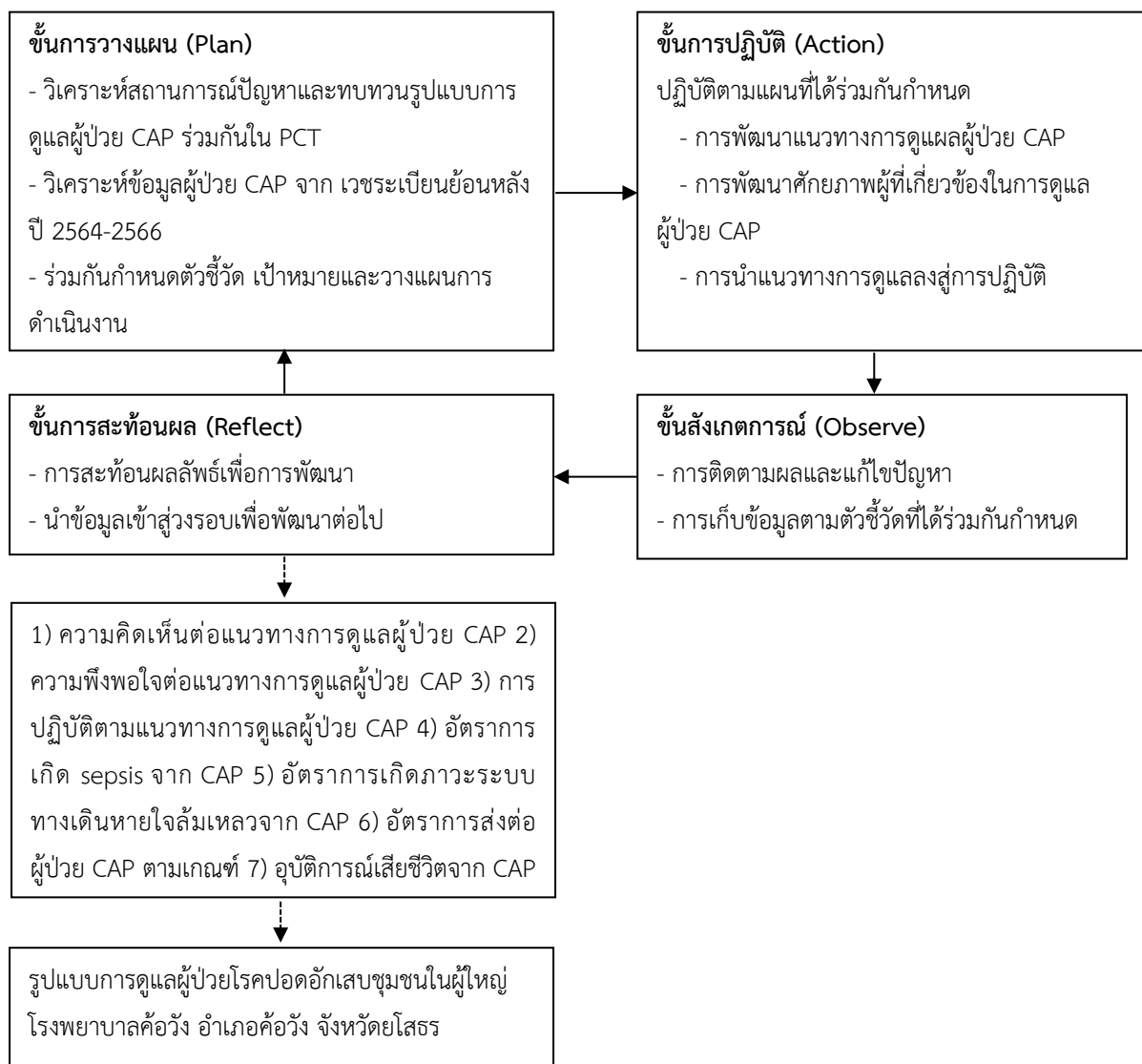


Figure 1. conceptual framework

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988) 2 วงรอบ ๆ ละ 4 ขั้นตอนคือการวางแผน (plan) การปฏิบัติ (action) สังเกตการณ์ (observe) แล้วจึงสะท้อนผล (reflect)

2.1 ประชากร

ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ

1) ผู้พัฒนารูปแบบ คือ ผู้วิจัย และทีมนำทางคลินิก ประกอบด้วย แพทย์ ทันตแพทย์ เภสัชกร นักกายภาพบำบัด พยาบาลผู้ป่วยนอก พยาบาลห้องฉุกเฉิน พยาบาลโรคติดเชื้อ พยาบาลผู้ป่วยใน นักเทคนิคการแพทย์ จำนวน 19 คน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือก (inclusion criteria) คือ เป็นทีมนำทางคลินิกที่มีคำสั่งแต่งตั้งของโรงพยาบาลค้อวัง และสมัครใจเข้าร่วมวิจัย ส่วนเกณฑ์ตัดออก (withdrawal criteria) คือ ย้าย ลาศึกษาต่อ ลาคลอด หรือเจ็บป่วยจนเข้าร่วมประชุมตลอดการวิจัยไม่ได้



2) ผู้มีส่วนร่วมในการประเมินรูปแบบ ซึ่งแบ่งเป็น

- ผู้ปฏิบัติ ได้แก่ แพทย์ เภสัชกร นักเทคนิคการแพทย์ พยาบาลที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชน รวม 33 คน เลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยมีผู้เข้าตามเกณฑ์คัดเข้า 31 คน คือ 1) มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชน 2) ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลคือวังมาไม่น้อยกว่า 6 เดือน 3) สมัครใจเข้าร่วมวิจัย ส่วนเกณฑ์คัดออก (exclusion criteria) คือ มีภาวะเจ็บป่วยจนไม่สามารถที่จะให้ข้อมูลได้ ส่วนเกณฑ์คัดออก (withdrawal criteria) คือ ย้าย ลาศึกษาต่อ ลาคลอด หรือลาป่วยช่วงเก็บข้อมูล

- เวชระเบียนผู้ป่วยในโดยมีเกณฑ์คัดเข้า (inclusion criteria) คือ (1) อายุ 15 ปีขึ้นไป และ (2) ได้รับการวินิจฉัยโรคว่าเป็นปอดอักเสบชุมชนในผู้ใหญ่ รหัส ICD-10 code J120-J189 เกณฑ์คัดออก (exclusion criteria) คือ (1) ผู้ป่วยจำหน่ายจากโรงพยาบาลภายในเวลาไม่เกิน 3 สัปดาห์ (2) ผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่องอย่างรุนแรง ได้แก่ ผู้ป่วยติดเชื้อ HIV ผู้ป่วยที่มีภาวะเม็ดเลือดนิวโทรฟิลในเลือดต่ำ (neutropenia) ผู้ป่วยที่มีภาวะปราศจากเม็ดเลือดขาว (agranulocytosis) (3) ผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูก หรือปลูกถ่ายอวัยวะ

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือเวชระเบียนผู้ป่วยที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกทุกรายที่มารับบริการในโรงพยาบาลคือวัง ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน – 31 ธันวาคม 2566

สำหรับการกำหนดขนาดตัวอย่าง ใช้สูตรสำหรับการทดสอบ 1 ทาง (one-sided test) (Levy et al., 2013) โดยจากการศึกษาของ Fally et al. (2020) พบว่ามีการพัฒนาคุณภาพบริการผู้ป่วย CAP ทำให้บุคลากรทางการแพทย์ปฏิบัติตามแนวทางปฏิบัติเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 11 เป็นร้อยละ 41 คำนวณขนาดตัวอย่างได้ 26 เวชระเบียน เพื่อไว้กรณีเวชระเบียนไม่สมบูรณ์ประมาณร้อยละ 15 รวมจะเก็บเพิ่มเป็นอย่างน้อย 30 เวชระเบียนต่อรอบ กรณีเวชระเบียนผู้ป่วยเกินจำนวนที่คำนวณไว้ จะใช้เวชระเบียนทั้งหมด

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการพัฒนาแนวทางการดูแล ได้แก่

2.3.1 แนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP พัฒนาตามแนวทางของสมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทยและปรับปรุงข้อมูลตามหลักฐานวิชาการใหม่ สำหรับแพทย์ พยาบาล และทีมสหสาขาวิชาชีพ ครอบคลุมตั้งแต่การวินิจฉัยโรค การประเมินความรุนแรงของโรค การพิจารณาผู้ป่วยนอนโรงพยาบาล การรักษากรณีผู้ป่วยใน และการส่งต่อ

2.3.2 คู่มือปฏิบัติการพยาบาลผู้ป่วย CAP โดยพัฒนาตามแนวทางการดูแลผู้ป่วยของโรงพยาบาล ผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการดูแลผู้ป่วย CAP คือ แพทย์หัวหน้าทีมนำทางคลินิก หัวหน้ากลุ่มการพยาบาล และพยาบาลโรคติดเชื้อ เพื่อให้พยาบาลใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติกิจกรรมการพยาบาลตามแนวทาง ครอบคลุมตั้งแต่การค้นหาผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยง การบริหารยาปฏิชีวนะ การส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ การบริหารจัดการสารน้ำ การส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ การประเมินและส่งต่อผู้ป่วย

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1) แบบสอบถามความคิดเห็นและความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP มี 3 ส่วน คือ

- ข้อมูลส่วนบุคคลเป็นแบบเลือกตอบและเติมคำ มี 5 ข้อ คือ เพศ อายุ วุฒิการศึกษา ระยะเวลาปฏิบัติงาน การเคยอบรมการดูแลผู้ป่วย CAP

- ความคิดเห็นต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วยประยุกต์จากแบบสอบถามในงานวิจัยของ Prombutr et al. (2020) เป็นแบบ rating scale 5 ระดับ คือ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด มี 6 ข้อ โดยคะแนนตั้งแต่น้อยที่สุดถึงมากที่สุด ตั้งแต่ 1-5 คะแนน



- ความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วยประยุตจากแบบสอบถามในงานวิจัยของ Prombutr et al (2020) เช่นกัน เป็นแบบ Rating scale 5 ระดับ คือ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด มี 4 ด้าน ๆ ละ 3 ข้อ ประกอบด้วย ด้านความสะดวก ความครอบคลุม ความรวดเร็ว และด้านผลลัพธ์ต่อผู้ป่วย รวม 12 ข้อ ข้อ โดยคะแนนตั้งแต่ น้อยที่สุดถึงมากที่สุด ตั้งแต่ 1-5 คะแนน

2) แบบฟอร์มเก็บข้อมูลการดูแลผู้ป่วย CAP ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

- ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย มี 9 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบและเติมคำ ได้แก่ เพศ อายุ สิทธิการรักษา อาชีพ การวินิจฉัยโรค โรคร่วม ประเภทผู้ป่วย วันที่มาโรงพยาบาล วันที่จำหน่าย

- ข้อมูลผลการปฏิบัติตามแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP มีทั้งหมด 19 ข้อ โดยระบุการบันทึกเป็น ปฏิบัติ หรือไม่ปฏิบัติ ครอบคลุมตั้งแต่การวินิจฉัยโรค การประเมินความรุนแรงของโรค การพิจารณารับผู้ป่วยนอนโรงพยาบาล การรักษากรณีผู้ป่วยใน และการส่งต่อ

- ข้อมูลผลลัพธ์การดูแลผู้ป่วย CAP มีทั้งหมด 6 ข้อ โดยเป็นแบบตอบ ใช่ ไม่ใช่ ครอบคลุมตามผลลัพธ์ของการพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วย CAP ประกอบด้วยการวินิจฉัยเป็นไปตามเกณฑ์แนวทางการดูแล การปฏิบัติตามแนวทางการดูแลครบถ้วน การเกิด sepsis จาก CAP การเกิดภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวจาก CAP การส่งต่อเป็นไปตามเกณฑ์ และการเสียชีวิตจาก CAP

2.3.3 แนวทางสนทนากลุ่มของทีมสหสาขาวิชาชีพ เพื่อให้ทราบสถานการณ์ ค้นหาปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุ ในการดูแลผู้ป่วย CAP มีประเด็นหลักคือ แนวทางในการดูแลปัจจุบันเป็นอย่างไร ผลการปฏิบัติตามแนวทางการดูแลเป็นอย่างไร และมีแนวทางในการการดูแลอย่างไรเพื่อให้ได้มาตรฐาน

2.3.4 แนวทางสนทนากลุ่มเพื่อถอดบทเรียน มีประเด็นหลัก คือหลังจากนำรูปแบบมาใช้เกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง ทั้งความคิดเห็นและความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP การปฏิบัติตามแนวทางการดูแล CAP อัตราการเกิด sepsis จาก CAP อัตราการเกิดภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวจาก CAP อัตราการส่งต่อผู้ป่วย CAP ที่เป็นไปตามเกณฑ์และอุบัติการณ์เสียชีวิตจาก CAP การที่ตัวชี้วัดเปลี่ยนแปลงได้มีปัจจัยเงื่อนไขอะไร บทบาทของทีมสหสาขาวิชาชีพทำอย่างไรบ้าง มีเทคนิคสำคัญอย่างไร แนวทางที่กำหนดไว้ได้รับการยอมรับและนำไปปฏิบัติมากน้อยเพียงใด เพราะอะไร และมีปัญหาอุปสรรคอย่างไร ต้องการพัฒนาอะไรต่อ

โดยคณะผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1) แบบสอบถามความคิดเห็นและความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence index; IOC) กำหนดค่า 0.5-1.0 ถือว่าข้อนั้นใช้ได้ แล้วนำมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้ต่อไป

2) แนวทางสนทนากลุ่มของทีมสหสาขาวิชาชีพและแนวทางในการถอดบทเรียนตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยเครื่องมือทั้ง 2 ส่วนตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ได้แก่ (1) แพทย์หัวหน้าทีมนำทางคลินิก โรงพยาบาลค้อวัง (2) หัวหน้ากลุ่มงานการพยาบาลโรงพยาบาลค้อวัง (3) อาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษจากสาขาด้าน วิทยาศาสตร์สุขภาพ

2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ทำบันทึกข้อความถึงผู้อำนวยการโรงพยาบาลค้อวัง เพื่อขออนุญาตในการดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล

2) เก็บข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วย CAP

3) เก็บข้อมูลสถานการณ์การดูแลผู้ป่วย CAP จากการสนทนากลุ่มตามแนวทางสนทนากลุ่ม

4) ทบทวนข้อมูลการปฏิบัติตามแนวทางการดูแลผู้ป่วยและผลลัพธ์การรักษาผู้ป่วย CAP



5) เมื่อดำเนินการตามรูปแบบการดูแลรักษาพยาบาลผู้ป่วย CAP ได้ประมาณ 1 เดือนครึ่ง เก็บรวบรวมข้อมูลตามตัวชี้วัด 1 ครั้ง และหลังจากนั้นพบทวนในอีก 2 เดือน 1 ครั้ง

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ร่วมวิจัยและกลุ่มผู้ป่วย เช่น เพศ อายุ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปวิเคราะห์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย

2) ข้อมูลความคิดเห็นและความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP คิดคะแนนรวม แล้วแบ่งเป็น 5 ระดับนำเสนอเป็นความถี่ ร้อยละ โดยใช้เกณฑ์ของ Best (1970) แบ่งเป็น

ระดับมากที่สุด	คะแนนร้อยละ 80-100
ระดับมาก	คะแนนร้อยละ 70-79
ระดับปานกลาง	คะแนนร้อยละ 60-69
ระดับน้อย	คะแนนร้อยละ 50-59
ระดับน้อยที่สุด	คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 50

3) การปฏิบัติตามเกณฑ์แนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP คิดจากจำนวนผู้ป่วยในที่ปฏิบัติได้ตามเกณฑ์ทุกข้อตามลักษณะผู้ป่วยหารด้วยจำนวนผู้ป่วย CAP ที่นอนโรงพยาบาลทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ

4) อัตราการเกิด sepsis จาก CAP คิดจากจำนวนผู้ป่วยในที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็น sepsis, septic shock หารด้วยจำนวนผู้ป่วย CAP ที่นอนโรงพยาบาลทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ

5) อัตราการเกิดภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวจาก CAP คิดจากผู้ป่วยในที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นระบบทางเดินหายใจล้มเหลวจาก CAP หารด้วยจำนวนผู้ป่วย CAP ที่นอนโรงพยาบาลทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ

6) อัตราการส่งต่อผู้ป่วย CAP ที่เป็นไปตามเกณฑ์ คิดจากผู้ป่วยในที่ได้ส่งต่อตามเกณฑ์ที่กำหนดหารด้วยจำนวนผู้ป่วย CAP ที่ส่งต่อทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ

7) อุบัติการณ์เสียชีวิตจาก CAP คิดจากจำนวนผู้ป่วยที่เสียชีวิตหารด้วยจำนวนผู้ป่วย CAP ที่นอนโรงพยาบาลทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ

8) ข้อมูลเชิงคุณภาพ นำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่ และสรุปประเด็นสำคัญ รวมทั้งตรวจสอบความชัดเจน โดยใช้การตรวจสอบแบบสามเส้า (triangulation) จากข้อมูลทั้งหมด คือ (1) ด้านแหล่งข้อมูล เวลา สถานที่ และบุคคลที่ต่างกัน (2) ด้านวิธีเก็บรวบรวม ใช้วิธีเก็บข้อมูลหลายวิธีในเรื่องเดียวกัน เช่น การศึกษาจากเอกสาร และการสนทนากลุ่ม

2.6 การพิทักษ์สิทธิผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยขออนุญาตศึกษาวิจัยจากผู้อำนวยการโรงพยาบาลค้อวัง พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัยให้ผู้ร่วมวิจัยทราบและอธิบายให้เข้าใจ เพื่อให้การตัดสินใจเข้าร่วมโครงการเป็นไปด้วยความสมัครใจ ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามผู้ร่วมวิจัยรวมทั้งเวชระเบียนจะเก็บเป็นความลับ เข้าถึงได้เฉพาะผู้วิจัย และจะทำลายข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัย การนำเสนอข้อมูลเป็นภาพรวม โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดยโสธร เลขที่ HE 6659/2566 ลงวันที่ 13 กันยายน พ.ศ.2566



3. ผลการวิจัย

3.1 สถานการณ์ปัญหาและทบทวนรูปแบบการดูแลผู้ป่วย CAP

การทบทวนข้อมูลผู้ป่วย CAP และการสนทนากลุ่มในการประชุม PCT ประกอบด้วย แพทย์ ทันตแพทย์ เภสัชกร นักกายภาพบำบัด พยาบาลผู้ป่วยนอก พยาบาลห้องฉุกเฉิน พยาบาลโรคติดเชื้อ พยาบาลผู้ป่วยใน นักเทคนิคการแพทย์ จำนวน 19 คน ซึ่งมีการประชุมทุกวันพฤหัสบดีของทุกสัปดาห์ จัดประชุมไป 2 ครั้ง สรุปประเด็นได้ดังนี้

1) ข้อมูลผู้ป่วย CAP ในอำเภอศีขรภูมิ 3 ปีย้อนหลังในปี พ.ศ. 2564-2566 (ข้อมูลถึงเดือนกรกฎาคม 2566) ในภาพรวมของโรงพยาบาลมีผู้ป่วยจำนวน 169, 288 และ 197 คน ตามลำดับ คิดเป็นอัตราป่วยต่อแสนประชากร 815.8, 1,390.0 และ 953.8 ซึ่งสูงกว่าระดับประเทศ อายุ 15 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 91.7, 69.8 และ 71.1 เป็นผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการเกิด sepsis แยกเป็นอายุ 70 ปีขึ้นไปร้อยละ 51.5, 36.5 และ 42.6 และมีโรคเรื้อรังร่วมด้วยร้อยละ 25.4, 20.5 และ 15.2 มีผู้ต้องนอนรักษาตัวในโรงพยาบาล จำนวน 141, 201 และ 178 คนตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 83.4, 69.8 และ 90.4 มีผู้ป่วยเกิด sepsis และ septic shock ร้อยละ 21.9, 10.1 และ 11.2 มีผู้ป่วยที่ต้องส่งต่อโรงพยาบาลใกล้เคียงร้อยละ 24.9, 22.2 และ 14.7 ผลการติดตามการส่งต่อพบว่าไม่มีผู้เสียชีวิต แต่ในปี พ.ศ. 2566 มีผู้ป่วยเสียชีวิตระหว่างส่งต่อ 1 คน

เมื่อแยกวิเคราะห์เฉพาะผู้ป่วยที่ต้องนอนรักษาตัวในโรงพยาบาลซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการดูแลตั้งแต่การดูแลแรกเริ่มไปจนถึงการดูแลต่อเนื่องในแผนกผู้ป่วยใน ช่วงปี 2564-2566 จากจำนวน 141, 201 และ 178 ราย มีอายุ 70 ปีขึ้นไป ร้อยละ 50.4, 32.3 และ 30.3 ตามลำดับ โดยมีโรคประจำตัวร่วมด้วย อาทิเช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ปอดอุดกั้นเรื้อรัง หอบหืด โรคหัวใจ มะเร็ง รวมทั้งไตวายเรื้อรัง ร้อยละ 59.6, 46.3 และ 39.3 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีผู้ป่วยประมาณ 1 ใน 2 ที่เสี่ยงต่อการเกิด sepsis อยู่แล้ว

2) แนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP แนวทางเดิมในการดูแลผู้ป่วยของโรงพยาบาลศีขรภูมิ PCT มีการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี 2560 โดยงานโรคติดเชื้อปรับปรุงจากแนวทางเวชปฏิบัติของสมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทยปี 2544 และนำเข้าพิจารณาใน PCT โดยประเด็นสำคัญคือการกำหนดว่าเป็นผู้ป่วยอาการไม่หนัก (not severe) หรืออาการหนัก (severe) ทั้งนี้ยังไม่ได้ประกาศใช้และนำไปปฏิบัติ ในเดือนธันวาคม 2563 PCT ได้ปรับปรุงแนวทางจากเดิม โดยประเด็นสำคัญ คือการตัดสินใจว่าจะรักษาแบบผู้ป่วยนอกหรือผู้ป่วยใน ซึ่งเครื่องมือในการประเมินกำหนดให้ใช้ CURB-65 (Confusion, Urea level, Respiratory rate, Blood pressure, and age ≥ 65) แต่ให้ขึ้นกับวิจารณญาณของแพทย์ เกณฑ์ในการรักษากรณี CURB-65 แยกเป็น (1) รักษาแบบผู้ป่วยนอก จัดเป็นกลุ่ม low risk มีปัจจัยเสี่ยง 0 ข้อ (2) รักษาแบบผู้ป่วยใน เป็นกลุ่ม moderate risk มีปัจจัยเสี่ยง 1-2 ข้อ และ (3) ส่งต่อ เป็นกลุ่ม severe risk มีปัจจัยเสี่ยง 3 ข้อขึ้นไป ตาม Figure 2 อย่างไรก็ตามแนวทางนี้ยังไม่ได้นำมาลงสู่การปฏิบัติ และยังพบความหลากหลายในการดูแลผู้ป่วย

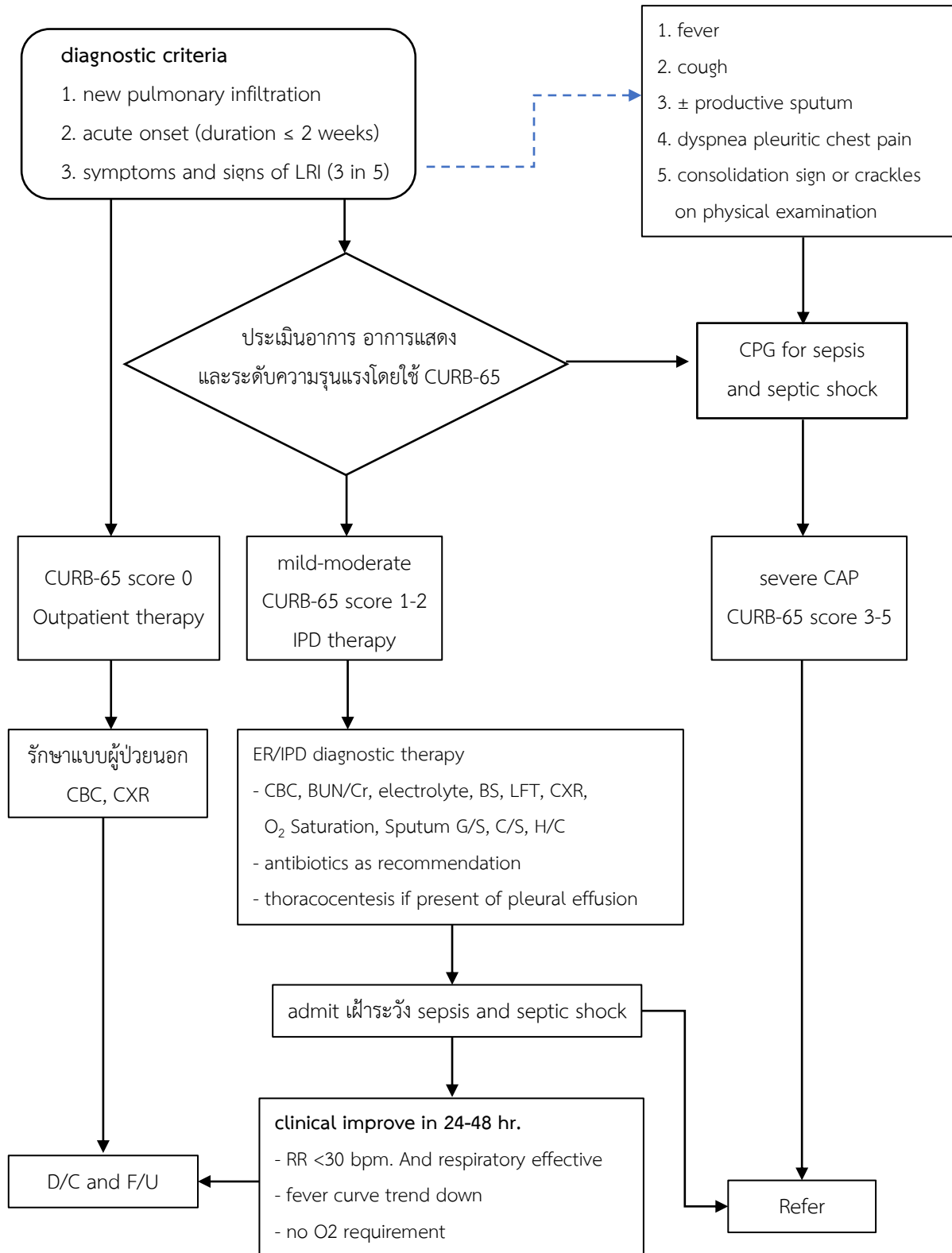


Figure 2. Clinical Practice Guideline of Community Acquired Pneumonia in Khowang hospital 2020



หลังจากนั้นในปี 2565 เขตสุขภาพที่ 10 ได้มีการทำ service plan สาขา Pneumonia มีการกำหนดตัวชี้วัดเน้นลดอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วย CAP ดังนั้น PCT จึงมีการปรับปรุงแนวทางการดูแลผู้ป่วยอีกครั้งโดยร่วมกับโรงพยาบาลแม่ข่ายซึ่งจะให้โรงพยาบาลชุมชนมากำหนดแนวทางตามบริบทและศักยภาพในการบริหารจัดการยาปฏิชีวนะ สำหรับโรงพยาบาล คอวัง ประเด็นสำคัญในการปรับปรุงคือ ไม่ได้ใช้ CURB-65 ประเมินเนื่องจากหาหรือใน PCT แล้วพบว่าไม่มีความไวพอ และมีความเข้าซ้อนกับแนวทางของ sepsis โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาผู้ป่วยไว้ในโรงพยาบาล 4 ข้อหลัก คือ (1) อายุมากกว่า 65 ปี (2) มีโรคร่วม (3) มีอาการแสดง ที่บ่งชี้ถึงพยากรณ์โรคที่ไม่ดี และ (4) ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการหรือ การฉายรังสีทรวงอกที่บ่งชี้ถึงพยากรณ์โรคที่ไม่ดี เน้นการเฝ้าระวังการเกิดภาวะ sepsis ในผู้ป่วยโดยการปฏิบัติตาม CPG sepsis และภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวโดยเฝ้าระวัง early warning signs แต่อย่างไรก็ตามแนวทางที่ปรับปรุงขึ้นก็ยังไม่ได้นำลงสู่การปฏิบัติเช่นกัน เพราะมีการปฏิบัติตาม CPG sepsis มาก่อนหน้านี้แล้วซึ่งครอบคลุมการเฝ้าระวังในผู้ป่วย CAP แล้ว ตัวอย่างข้อความสนทนากลุ่ม ดังนี้

“แนวทางการดูแลผู้ป่วยก็แล้วแต่แพทย์ จบมาต่างสถาบันกันก็จะรักษาต่างกัน”

พยาบาล ก

“เราใช้ CPG sepsis มาก่อนซึ่ง pneumonia จะเข้าเกณฑ์ sepsis อยู่แล้ว ถือเป็น subset มีการเขียน pneumonia protocol ไว้ แต่ยังไม่ได้นำไปใช้”

พยาบาล ข

“ปกติคนไข้ pneumonia ก็จะมีไข้ แล้วชีพจรก็จะเร็ว หายใจเร็วด้วย จะเข้าเกณฑ์ SOS (Search Out Severity score) ก็จะเข้าข่ายผู้ป่วยเสี่ยงสูง ที่ต้องดูแล”

นายแพทย์ ก

3) ผลลัพธ์การดูแลผู้ป่วย CAP ก่อนพัฒนารูปแบบ เกิด sepsis รวมกับ septic shock ในผู้ป่วยใน ร้อยละ 21.3, 11.9 และ 16.3 ตามลำดับ ส่วนการเกิดภาวะหายใจล้มเหลวย้อยละ 1.4, 1.5 และ 1.7 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีผู้ป่วยนอกเสียชีวิตระหว่างส่งต่อ 1 คน คิดเป็นอุบัติการณ์เสียชีวิตร้อยละ 0.6 เมื่อทบทวนผู้ป่วยรายนี้พบว่าเกิดจากการตรวจพบความเสี่ยงมีความล่าช้า และเกิดจากไม่มีแนวทางการดูแลผู้ป่วยที่ชัดเจน ดังตัวอย่างข้อความการสนทนากลุ่ม ดังนี้

“เกิด respiratory failure ก็จะมาทบทวนกัน สาเหตุก็จะมีเฝ้าระวังในกลุ่มนี้ไม่ไวพอ แพทย์ก็จะรักษาต่างกัน”

พยาบาล ก

“เราประชุมทบทวน case ใน PCT กันอยู่แล้ว อย่างการเสียชีวิตของผู้ป่วยรายนี้ เกิดจากการ detect ได้ช้า ไม่ได้ดูแลรักษาตามแนวทาง sepsis”

พยาบาล ค

3.2 การพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชนในผู้ใหญ่

ขั้นการวางแผน (plan)

เริ่มตั้งแต่จัดทีมพัฒนาแนวทางการดูแล เป็นแกนหลัก (core team) ประกอบด้วยแพทย์ประธาน PCT เลขานุการ PCT พยาบาลจากแผนกผู้ป่วยนอก ห้องฉุกเฉินและผู้ป่วยใน ทำหน้าที่ประสานงานบุคลากรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้ป่วย CAP ทบทวนเวชระเบียนผู้ป่วย CAP ย้อนหลัง ที่นอนรักษาตัวในโรงพยาบาลตั้งแต่มิถุนายน - สิงหาคม 2566 พบว่าจากผู้ป่วย 61 คน มีอัตราการเกิด sepsis ร้อยละ 19.7 เกิดภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวย้อยละ 3.3 หลังจากนั้นจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ ผู้เข้าประชุม คือ PCT จำนวน 19 คน ใช้เวลาครึ่งวัน เพื่อคืนข้อมูลสถานการณ์ ร่วมกันกำหนดเป้าหมายซึ่งได้กำหนดตัวชี้วัดไว้ 7 ตัว คือ (1) ความคิดเห็นต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP (2) ความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP (3) การปฏิบัติตามแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP (4) อัตราการเกิด sepsis จาก CAP (5) อัตราการเกิดภาวะระบบทางเดิน



หายใจล้มเหลวจาก CAP (6) อัตราการส่งต่อผู้ป่วย CAP ตามเกณฑ์ และ (7) อุบัติการณ์เสียชีวิตจาก CAP โดยเน้นไปที่ผู้ป่วยที่ต้องนอนรักษาตัวในโรงพยาบาล เนื่องจากทำให้เห็นกระบวนการดูแลตั้งแต่แรกเริ่มไปจนถึงการดูแลต่อเนื่องในแผนกผู้ป่วยใน และร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน พบว่ามี 3 กิจกรรมหลักได้แก่ (1) ร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพพบทบทวนและปรับแนวทางการดูแลผู้ป่วย พร้อมกับจัดทำแบบเก็บข้อมูลตัวชี้วัด (2) จัดประชุมชี้แจงทำความเข้าใจแนวทางที่พัฒนาขึ้น และ (3) ลงกำกับติดตามการปฏิบัติตามแนวทางโดยหัวหน้าหน่วยงานและทีม PCT โดยออกแบบการคัดเลือกกิจกรรมโดยใช้เทคนิค Nominal Group Technique (NGT) แต่เนื่องจากกิจกรรมที่วางแผนไว้ไม่ได้ใช้งบประมาณในการดำเนินการ ประกอบกับเป็นโรงพยาบาลชุมชนขนาดเล็กมีบุคลากรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่มาก จึงดำเนินการทุกกิจกรรม

ขั้นการปฏิบัติ (action)

กิจกรรมที่ 1 ร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพพบทบทวนและปรับแนวทางการดูแลผู้ป่วย รวมทั้งจัดทำแบบเก็บข้อมูลตัวชี้วัด โดยแกนหลัก ทำการทบทวนแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP (CPG CAP) เป็นแนวทางกลาง ได้แนวทางการดูแลผู้ป่วย โดยยังคงประเด็นสำคัญในเรื่องการเฝ้าระวังภาวะ sepsis และภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลว ตาม Figure 3

ในส่วนของพยาบาลได้พัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลผู้ป่วย CAP ขณะนอนโรงพยาบาลให้สอดคล้องกับ CPG ตามระยะดังนี้ (1) ระยะแรกรับระยะก่อนเข้าสู่ภาวะวิกฤต โดยปัญหาทางการพยาบาลระยะนี้ได้แก่ มีการติดเชื้อในร่างกายและผู้ป่วยมีภาวะหายใจไม่มีประสิทธิภาพ (2) ระยะวิกฤต ปัญหาทางการพยาบาลระยะนี้ คือเสี่ยงต่อภาวะการหายใจล้มเหลวเฉียบพลันและมีภาวะเสียสมดุลสารน้ำและอิเล็กโทรไลต์เนื่องจากมีไข้สูง (3) ระยะดูแลต่อเนื่อง มีปัญหาทางการพยาบาล คือความสามารถในการทำกิจกรรมลดลง เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง และ (4) ระยะวางแผนจำหน่าย ปัญหาทางการพยาบาลคือขาดความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติตัวเกี่ยวกับโรคและการควบคุมโรค เมื่อออกจากโรงพยาบาล

กิจกรรมที่ 2 การจัดประชุมชี้แจงทำความเข้าใจแนวทางที่พัฒนาขึ้นใช้การประชุมกับผู้เกี่ยวข้องแบ่งเป็น 2 รุ่นใช้เวลาครึ่งวันช่วงบ่าย มีผู้เข้าร่วมประชุมรวม 33 คน เนื้อหาที่ชี้แจงเป็นการให้ความรู้เรื่อง CAP แนวทางการดูแลที่พัฒนาขึ้น นอกจากนั้นมีการสื่อสารแนวทางในหลายช่องทาง (communication) ประกอบด้วย (1) เว็บไซต์ KM (Knowledge Management) ของโรงพยาบาล (2) แผ่นแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP (3) กลุ่ม line ของหน่วยงาน กลุ่มงานการพยาบาล และ PCT

กิจกรรมที่ 3 ลงกำกับติดตามการปฏิบัติตามแนวทางโดยหัวหน้าหน่วยงานและทีม PCT มี 2 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การกำกับนิเทศและทวนความเข้าใจโดยหัวหน้างาน และ (2) การประเมินทักษะของพยาบาลในการเฝ้าระวังอาการเปลี่ยนแปลงของผู้ป่วยที่มารับการตรวจรักษา/หรือต้องพักรักษาตัวในโรงพยาบาล (early warning signs) ใน 25 กลุ่มโรค ซึ่งมี pneumonia และ sepsis รวมอยู่ด้วย

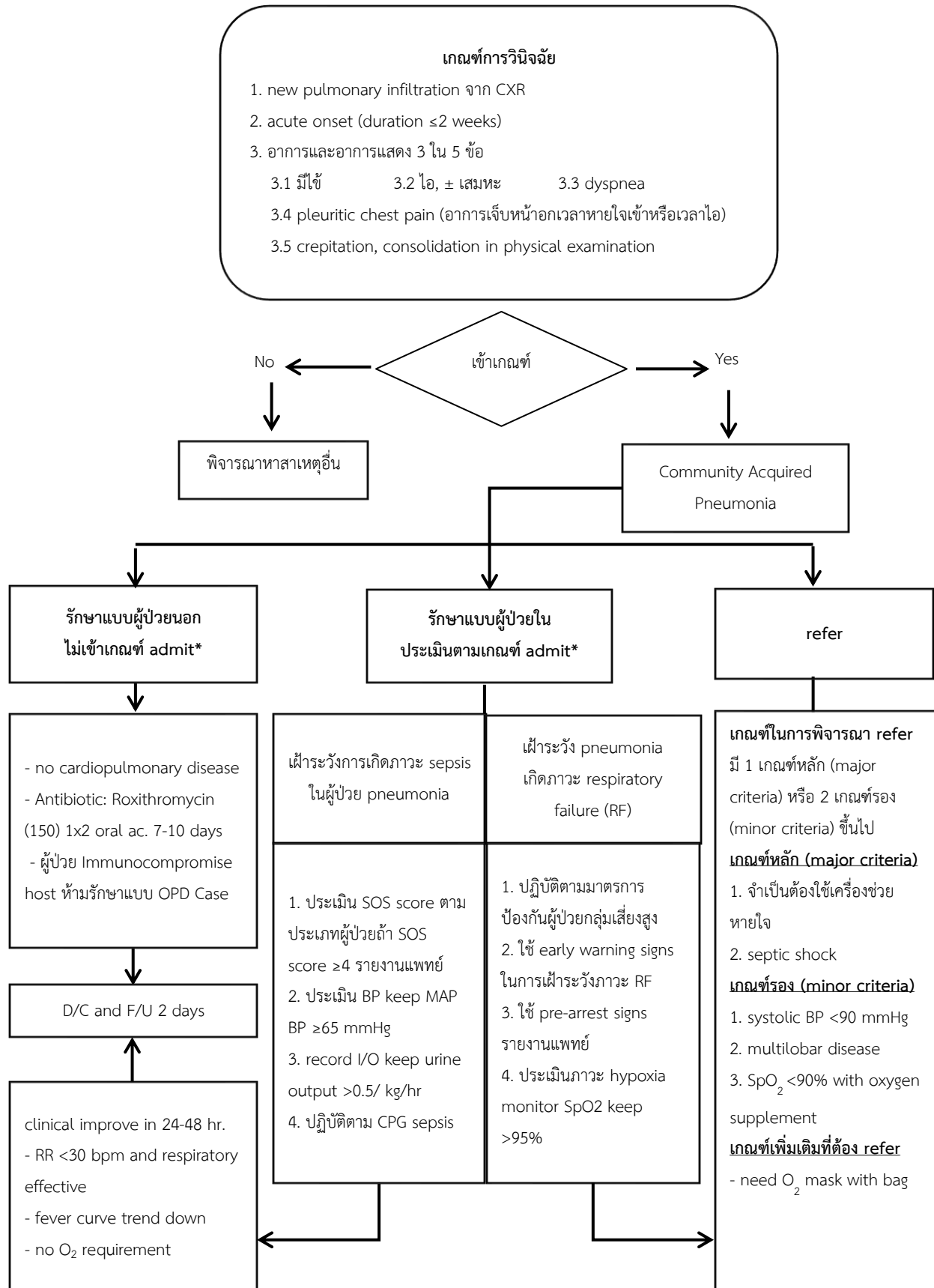


Figure 3. Clinical Practice Guideline of Community Acquired Pneumonia in Khwang hospital 2023



*เกณฑ์ในการพิจารณาผู้ป่วยไว้ในโรงพยาบาล

1. อายุมากกว่า 65 ปี
2. มีโรคร่วม ได้แก่ COPD, bronchiectasis, malignancy, DM, CRF, CHF, chronic liver disease, chronic alcohol abuse, malnutrition, CVA, post-splenectomy
3. มีอาการแสดง ที่บ่งชี้ถึงพยากรณ์โรคที่ไม่ดี ได้แก่ (1) RR > 28/min. (2) systolic BP < 90 mmHg (3) diastolic BP < 60 mmHg (4) PR > 125/min (5) body temperature < 35 °C or > 40 °C (6) alteration of consciousness (7) การตรวจพบการติดเชื้อออกปอดพร้อมกับปอดบวม (hematogenous spread)
4. ผล lab หรือ CXR ที่บ่งชี้ถึงพยากรณ์โรคที่ไม่ดี ได้แก่ (1) WBC < 4,000/mm³ หรือ > 30,000/mm³ หรือ absolute neutrophil < 1,000/mm³ (2) SPO₂ < 92% (room air) (3) CXR: multi-lobar involvement, cavitation, rapid radiographic spreading (serial films), pleural fluid

ขั้นสังเกตการณ์ (observe)

การเก็บข้อมูลตัวชี้วัดจากแบบประเมินที่พัฒนาขึ้น ทั้งแบบประเมินการปฏิบัติตามแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP รวมทั้งแบบประเมินผลลัพธ์การดูแลผู้ป่วย พบว่าในการปฏิบัติตามแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP เมื่อประเมินทบทวนข้อมูลย้อนหลัง (check) ไปตั้งแต่ 1 มิถุนายน – 31 สิงหาคม 2566 จากผู้ป่วยใน 61 คน พบว่าตัวชี้วัดที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์คือ (1) การปฏิบัติตามแนวทาง (2) อัตราการเกิด sepsis (3) อัตราการเกิดภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลว และ (4) อัตราการส่งต่อผู้ป่วย หลังจากพัฒนาในรอบที่ 1 เก็บข้อมูลตัวชี้วัดช่วง 15 กันยายน – 31 ตุลาคม 2566 จากผู้ป่วยใน 35 คน พบว่าตัวชี้วัดที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ คือ การปฏิบัติตามแนวทาง โดยในรอบนี้มีการประเมินความคิดเห็นต่อแนวทางการดูแลผู้ป่วย และความพึงพอใจ พบว่ายังไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ขั้นการสะท้อนผล (reflect)

ขั้นตอนนี้มีการประชุม PCT ร่วมกับผู้ปฏิบัติ เพื่อสะท้อนผลลัพธ์ตามตัวชี้วัด พบว่ามีการปฏิบัติตามแนวทางมากขึ้น เห็นว่าแนวทางที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้และสามารถแก้ไขปัญหาได้ ส่วนความพึงพอใจเห็นว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วย ลดภาวะแทรกซ้อน และลดโอกาสเสียชีวิตของผู้ป่วย นอกจากนั้นยังทำให้แกนนำมีความเข้าใจกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็ยังคงมีการปฏิบัติตามแนวทางไม่ครอบคลุมผู้ป่วย โดยเฉพาะในพยาบาลที่ใหม่ ดังตัวอย่างการสนทนากลุ่ม ดังนี้

“แต่ก่อนก็ไม่เข้าใจ ว่าการทำวิจัยเป็นแบบไหน เห็นแต่เขาพูดกัน แต่พอได้เข้ามาร่วมก็เข้าใจกระบวนการเพิ่มขึ้น น่าจะขยายไปยังโรคอื่น ๆ ด้วย”

พยาบาล ก

“คิดว่าไม่ได้ประเมิน เพราะไม่เข้าเกณฑ์ น่าจะมีระบบเตือนให้ดูง่ายด้วย”

พยาบาล ง

“แนวทางการดูแลที่พัฒนาขึ้น ทำให้มีความชัดเจน การปฏิบัติเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ทั้งแพทย์ พยาบาล”

พยาบาล ข

จากผลการประเมินในรอบที่ 1 ได้แนวทางการดูแลผู้ป่วย มีตัวชี้วัดที่ร่วมกันกำหนดซึ่งบุคลากรได้สะท้อนว่ายังมีการปฏิบัติตามแนวทางไม่สม่ำเสมอ จึงได้ออกแบบและร่วมกันดำเนินงานในรอบที่ 2 ตั้งแต่ 1 พฤศจิกายน – 31 ธันวาคม 2566 จึงเพิ่มกระบวนการสื่อสารเน้นในผู้ปฏิบัติงานที่ใหม่ มีการกำกับติดตามและสอนงานโดยหัวหน้างานแต่ละหน่วย โดยดำเนินการอย่างต่อเนื่อง (continuous) ผลลัพธ์พบว่าตัวชี้วัดทุกตัวผ่านเกณฑ์ ซึ่งสรุปรูปแบบในการพัฒนาได้เป็น 6Cs



คือ (1) การตั้งทีมพัฒนาแนวทาง (Core team) (2) ทบทวนและปรับปรุงแนวปฏิบัติการดูแล (CPG) (3) มีการพัฒนาสมรรถนะบุคลากร (Competency) (4) สื่อสารกับผู้เกี่ยวข้อง (Communication) (5) มีการกำกับปฏิบัติตามแนวทางและตัวชี้วัด (Check) และ (6) ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง (Continuous) ตาม Figure 4

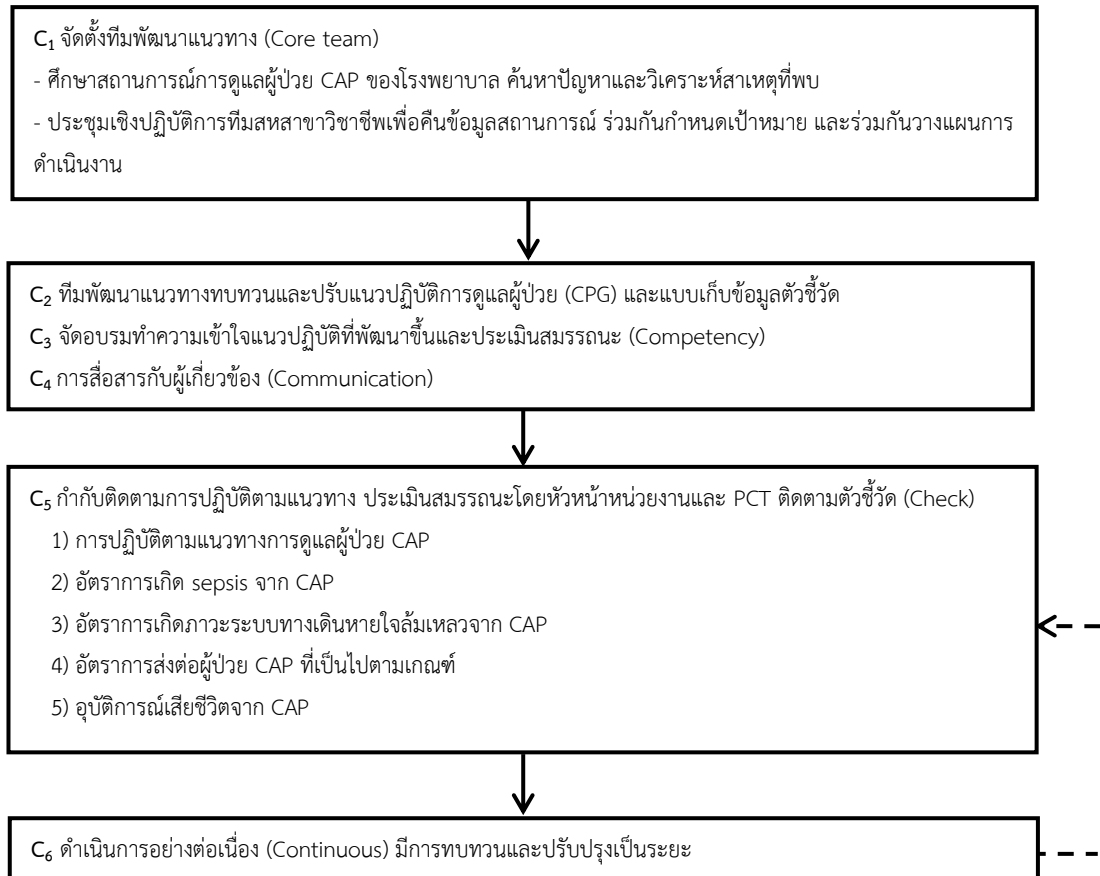


Figure 4. Care model for Community-Acquired Pneumonia patients in Khowang hospital

3.3 ผลการพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคปอดอักเสบชุมชนในผู้ใหญ่

ข้อมูลทั่วไปของผู้ปฏิบัติที่ประเมินแนวทางการดูแลผู้ป่วย พบว่ามีผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด 33 คน คัดออก 2 คน เนื่องจากมาปฏิบัติงานที่โรงพยาบาลน้อยกว่า 6 เดือน 1 คน และย้ายสถานที่ปฏิบัติงานอีก 1 คน คงเหลือในการวิเคราะห์ 31 คน ผู้ปฏิบัติส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 77.4 อายุ 30-40 ปี ร้อยละ 48.4 ระดับการศึกษาปริญญาตรีขึ้นไปทั้งหมด ระยะเวลาทำงานน้อยกว่า 5 ปี ร้อยละ 38.7 ผู้ที่ไม่ผ่านการอบรมเรื่องแนวทางการดูแลผู้ป่วย CAP ร้อยละ 74.2

การประเมินความคิดเห็นต่อแนวทางการดูแล CAP ในวอร์ปที่ 1 ผู้เกี่ยวข้องประเมินอยู่ในระดับมากที่สุดร้อยละ 54.8 และรอบที่ 2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 96.7 ผ่านตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ส่วนความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลพบว่าในวอร์ปที่ 1 ยังไม่ผ่านตามเกณฑ์ ส่วนวอร์ปที่ 2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 100.0 ผ่านตามเกณฑ์ ตาม Table 1



Table 1. opinions and satisfaction with the care model for Community-Acquired Pneumonia patients among personnel (n = 31)

indicators	target	Results of operations according to the cycle	
		1 st cycle	2 nd cycle
1. opinions with the CAP care model	≥80%	54.8	96.7
2. satisfaction with the CAP care model	≥80%	54.8	100.0

จำนวนผู้ป่วยที่ใช้ในการวิเคราะห์ก่อนดำเนินการ วงรอบที่ 1 และวงรอบที่ 2 มีจำนวน 61, 35 และ 48 คน ตามลำดับ โดยข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยทั้ง 3 วงรอบไม่แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรร้อยละ 70-85 ใช้สิทธิ์การรักษาเป็นหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า ร้อยละ 80-90

ก่อนดำเนินการพบว่าตัวชี้วัดที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์คือ การปฏิบัติตามแนวทาง อัตราการเกิด sepsis การเกิดระบบทางเดินหายใจล้มเหลว อัตราการส่งต่อ แม้จะไม่มีผู้เสียชีวิตก็ตาม หลังพัฒนาในวงรอบที่ 1 พบว่าการปฏิบัติตามแนวทางยังคงไม่ผ่านตามเกณฑ์ ส่วนในวงรอบที่ 2 ผ่านทุกตัวชี้วัด ตาม Table 2

Table 2. effect of care model in Community-Acquired Pneumonia patients: a comparison between before, 1st, and 2nd cycles

indicators	target	before (n = 61)	Results of operations according to the cycle	
			1 st cycle (n = 35)	2 nd cycle (n = 48)
1. Adherence to patient CAP care guidelines	100%	75.4	88.6	100.0
2. CAP sepsis rate	≤20%	19.7	14.3	12.5
3. CAP respiratory failure rate	≤3%	3.3	0.0	2.1
4. Rate of referral of CAP patients meeting criteria	100%	77.8	100.0	100.0
5. Mortality rate from CAP	0%	0	0	0

ปัจจัยแห่งความสำเร็จ

จากการดำเนินงาน 2 วงรอบสามารถทำให้บรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นได้ ทั้งนี้ได้วิเคราะห์ปัจจัยแห่งความสำเร็จของการพัฒนารูปแบบการดูแลได้ตามประเด็นต่อไปนี้

1) ความเข้มแข็งของทีมนำทางคลินิก ที่มีการดำเนินการพัฒนาคุณภาพตามแนวทางของสถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (องค์การมหาชน) หรือ สรพ. จนเกิดกระบวนการคุณภาพอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งประสบการณ์ในการทำ CPG sepsis จึงประยุกต์ใช้ได้ง่าย

2) พยาบาลที่ทำหน้าที่เลขานุการ PCT มาต่อเนื่อง เป็นแกนนำสำคัญที่จะทำให้เกิดการประสานงานซึ่งต้องใช้ศาสตร์และศิลป์แบบมืออาชีพในการประสานงานกับบุคลากรหลายวิชาชีพ



3) การดำเนินงานโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการทำให้เกิดการมีส่วนร่วม สร้างการเป็นเจ้าของร่วมกันสร้างกระบวนการโดยใช้ข้อมูลเป็นตัวนำในการขับเคลื่อน รวมทั้งมีการทบทวนอย่างสม่ำเสมอ

4) ผู้อำนวยการโรงพยาบาลให้ความสำคัญในการพัฒนาคุณภาพโดยเฉพาะในประเด็นของ CAP เนื่องจากเป็นกลุ่มผู้ป่วยสำคัญของโรงพยาบาล

4. อภิปรายผลการวิจัย

4.1 สถานการณ์ผู้ป่วย CAP ยังเป็นปัญหาของโรงพยาบาลชุมชนที่มีอัตราป่วยสูงและต้องนอนพักรักษาตัวในโรงพยาบาล อีกทั้งผู้ป่วยกลุ่มนี้ยังมีโอกาสเกิดภาวะ sepsis สูง รวมทั้งเกิดภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวตามมา นอกจากนั้นผู้ป่วย CAP ที่ต้องนอนรักษาตัวมีอายุ 70 ปีขึ้นไปประมาณ 1 ใน 3 รวมทั้งมีโรคประจำตัวร่วมด้วยถึงครึ่งหนึ่งของผู้ป่วย หากการดูแลผู้ป่วยไม่มีแนวทางที่ชัดเจน การรักษายาบาลไม่ได้มาตรฐานโดยเฉพาะ sepsis มีการส่งต่อล่าช้า จะทำให้อัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น โดยพบในงานวิจัยของ Klaipim (2020) ที่ทำในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิ พบว่าอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วย CAP ถึงร้อยละ 23.4 เนื่องจากปัญหาผู้ป่วยที่ส่งต่อจากโรงพยาบาลชุมชนที่เข้าถึงการรักษาล่าช้า การรักษasepsis ช้าและไม่ได้มาตรฐาน และการดูแลระบบทางเดินหายใจล้มเหลวไม่ได้ประสิทธิภาพ

4.2 การประเมินเพื่อพิจารณาว่าผู้ป่วย CAP จะรักษาแบบผู้ป่วยนอกหรือผู้ป่วยในตามแนวทางเวชปฏิบัติล่าสุดแนะนำให้ประเมินโดยใช้ PSI (Pneumonia Severity Index) มากกว่าใช้ CURB-65 เพื่อช่วยลดโอกาสในการรับผู้ป่วยเข้านอนโรงพยาบาลโดยไม่จำเป็น (Aujesky et al., 2005) แต่เป็นคำแนะนำที่มีเงื่อนไข โดยให้ขึ้นกับวิจารณ์ญาณของแพทย์ในการเลือกใช้ เนื่องจากการประเมินโดยใช้ PSI ในทางปฏิบัตินั้นอาจทำได้ยุ่งยากกว่าการใช้ CURB-65 ส่วนการตัดสินใจให้ผู้ป่วยรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤติ (Intensive Care Unit; ICU) ใช้พิจารณาจากลักษณะผู้ป่วยเข้าเกณฑ์ major criteria อย่างน้อย 1 ข้อ หรือ minor criteria อย่างน้อย 3 ข้อร่วมกับวิจารณ์ญาณของแพทย์ และอาจพิจารณาใช้เครื่องมือประเมิน SMART-COP (Systolic blood pressure, Multi-lobar chest radiography involvement, Albumin level, Respiratory rate, Tachycardia, Confusion, Oxygenation, and arterial pH) ที่มีความเหมาะสมและสามารถใช้ประเมินผู้ป่วยได้เช่นเดียวกัน (Charles et al., 2008) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้ CURB-65 ประเมินเนื่องจากพบว่าไม่มีความไวพอ โดยแนวทางการดูแลเน้นการเฝ้าระวังการเกิดภาวะ sepsis ในผู้ป่วยโดยการปฏิบัติตาม CPG sepsis และเฝ้าระวังภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวโดยเฝ้าระวัง early warning signs ซึ่งอาจจะเหมาะสมกับระดับโรงพยาบาลชุมชนที่มีการปฏิบัติตาม CPG sepsis เป็นปกติ ทั้งนี้อาจต้องมีการวิจัยในประเด็นนี้เพิ่มเติม

4.3 ผลจากการพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วย CAP 2 วงรอบ โดยใช้ 4 ขั้นตอน คือวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผล พบว่าผู้ปฏิบัติที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยเห็นว่าเป็นแนวทางที่ชัดเจน มีประโยชน์ต่อผู้ป่วยในการลดภาวะแทรกซ้อน และมีความพึงพอใจต่อแนวทางการดูแลที่พัฒนาขึ้น ส่วนการปฏิบัติตามแนวทางพบว่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Fally et al. (2020) พบว่าการพัฒนาคุณภาพบริการผู้ป่วย CAP ทำให้บุคลากรทางการแพทย์ปฏิบัติตามแนวทางปฏิบัติเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 11 เป็นร้อยละ 41 ในงานวิจัยนี้ที่มีการปฏิบัติตามแนวทางเพิ่มขึ้นเป็นผลจากการสื่อสารและการกำกับติดตาม รวมทั้งมีการนำผลการทบทวนผู้ป่วยและการประเมินตามตัวชี้วัดเข้าประชุมใน PCT ทุกสัปดาห์ พร้อมกับมีแนวทางเฝ้าระวัง early warning signs ใน 25 กลุ่มโรค ซึ่งมี pneumonia และ sepsis รวมอยู่ด้วย ส่งผลให้ภาวะแทรกซ้อนจากการเกิด sepsis และภาวะระบบทางเดินหายใจล้มเหลวลดลง การส่งต่อเป็นไปตามเกณฑ์ และไม่มีผู้ป่วยเสียชีวิต สอดคล้องกับงานวิจัยที่พัฒนาระบบการดูแลผู้ป่วยปอดอักเสบแล้วพบว่าทำให้ผลลัพธ์ด้านสุขภาพดีขึ้น เช่น งานวิจัยพัฒนาระบบการดูแลผู้ป่วยปอดอักเสบในเด็กร่วมกับการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาล พบว่าผู้ป่วยมีจำนวนวันนอนลดลง ไม่พบการเกิดภาวะการหายใจล้มเหลว หรือกลับมารักษาซ้ำภายใน 28 วัน (Seanpook et al., 2020) และงานวิจัยการพัฒนา



รูปแบบการดูแลผู้ป่วยปอดอักเสบรุนแรงในผู้ใหญ่ พบว่าอาการไม่พึงประสงค์ก่อนและหลังพัฒนาการใช้รูปแบบการดูแลผู้ป่วยผู้ใหญ่ปอดอักเสบรุนแรงลดลง (Putsa et al., 2022) แสดงให้เห็นว่าการพัฒนารูปแบบการดูแลสามารถทำให้มีการปฏิบัติได้ตามมาตรฐาน ส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้ป่วย ทั้งนี้เท่าที่ค้นคว้ายังไม่มียานวิจัยที่พัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วย CAP ในระดับโรงพยาบาลชุมชน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับนำไปปรับใช้ในการดูแลผู้ป่วย CAP ในโรงพยาบาลชุมชนที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลจากการพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วย CAP ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีแนวทางชัดเจน และทำให้ผลลัพธ์ต่อผู้ป่วยบรรลุตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทำให้ได้รูปแบบ 6Cs ประกอบด้วย (1) Core team (2) CPG (3) Competency (4) Communication (5) Check และ (6) Continuous สำหรับข้อเสนอแนะมีดังนี้

5.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1) ผลของการพัฒนารูปแบบในการดูแลผู้ป่วย CAP ในโรงพยาบาลชุมชนทำให้ได้แนวทางซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาลชุมชนที่มีบริบทใกล้เคียงกันในจังหวัด

2) สามารถนำกระบวนการวิจัยไปใช้ในโรคอื่น ๆ ของโรงพยาบาลต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

1) การวิจัยการเชื่อมโยงการดูแลผู้ป่วยให้ครบวงจรตั้งแต่ระดับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จนถึงโรงพยาบาลแม่ข่าย

2) เปรียบเทียบผลการใช้เครื่องมือประเมิน PSI, CURB-65 และ SOS ทั้งความไวในการตรวจจับ และผลลัพธ์ในการรักษา

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายแพทย์ภานุพันธุ์ ธนปฐมสินชัย ผู้อำนวยการโรงพยาบาลค้อวังที่อนุญาตให้วิจัยในครั้งนี้ ขอคุณนายวิรัตน์ พุ่มพันธ์ หัวหน้ากลุ่มงานการพยาบาลที่ให้การสนับสนุน รวมทั้งขอขอบคุณนายแพทย์อภิศักดิ์ เทพสมบัติ ประธานทีมนำทางคลินิกที่มีส่วนช่วยในการขับเคลื่อน ตลอดจนบุคลากรที่เกี่ยวข้องที่ได้ร่วมกันพัฒนาและให้ข้อมูลในงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Aujesky, D., Auble, TE., Yealy, DM., et al. (2005). Prospective comparison of three validated prediction rules for prognosis in community-acquired pneumonia. *The American Journal of Medicine*, 118(4), 384-92.
- Best, J. (1970). *Research in education*. New Jersey: Printice-Hall.
- Charles, PG., Wolfe, R., Whitby, M., et al. (2008). SMARTCOP: a tool for predicting the need for intensive respiratory or vasopressor support in community acquired pneumonia. *Clinical Infectious Diseases*, 47, 375-8.
- Fally, M., Von Plessen, C., Anhøj, J., et al. (2020). Improved treatment of community-acquired pneumonia through tailored interventions: Results from a controlled, multicentre quality improvement project. *PLOS ONE*, 15(6), e0234308.
- Garcia-Vidal, C., Fernandez-Sabe, N., Carratala, J., et al. (2008). Early mortality in patients with community acquired pneumonia; cause and risk factors. *European Respiratory Journal*, 32, 733-9.
- Kemmis, S., & McTaggart R. (1988). *The action research planner*. 3rd ed. Victoria: Deakin University Press.
- Klaipim, C. (2020). Risk factors of early mortality in community acquired pneumonia in Chaophya abhaibhubejhr hospital. *Thai journal of tuberculosis chest diseases and critical care*, 39(3), 92-9. (in Thai)



- Levy, P.S., & Lemshow, S. (2013). Sampling of population: Methods and applications. 4th ed. New York: John Wiley & Sons.
- Limsirichaiyaku, J. (2010). The Effectiveness of antibacterial treatment in referred septicemia patients at Sawanpracharak hospital. Sawanpracharak Medical Journal, 7(2), 151-63. (in Thai)
- Montull, B., Menéndez, R., Torres, A., et al. (2016). Predictors of Severe Sepsis among Patients Hospitalized for Community-Acquired Pneumonia. PLOS ONE, 11(1), e0145929.
- Prombutr, R., Payarang, J., & Nawasamut, W. (2020). Effectiveness of caring practice guidelines in traumas to reduce risk of bleeding due to abdominal trauma. Journal of Health Research and Innovation, 3(1), 46-58. (in Thai)
- Putsa, B., Prommasaka Na Sakonnakhon, N., & Kaewkerd, O. (2022). Development of a Care Model for Severe Pneumonia in Adults by the FASTHUG and SAR Assessment in the Respiratory Intensive Care Unit, Sakon Nakhon Hospital. Journal of Sakon Nakhon Hospital, 25(3), 85-98. (in Thai)
- Seanpook, W., Srisong, S., & Sansuriwong, P. (2020). The Development of the care model for children with pneumonia. Journal of Nursing Division, 47(1), 153-172. (in Thai)
- Thoracic Society of Thailand under Royal Patronage. (2001). Thai guidelines for the management of adults with community-acquired pneumonia. Bangkok: SD printing. (in Thai)

บุคลากรกรม

- พยาบาล ก (ผู้ให้สัมภาษณ์). กฤษฎา ชูเสน (ผู้สัมภาษณ์). ที่ โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร 35160. เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2566 และ 14 ธันวาคม 2566.
- พยาบาล ข (ผู้ให้สัมภาษณ์). กฤษฎา ชูเสน (ผู้สัมภาษณ์). ที่ โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร 35160. เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2566 และ 14 ธันวาคม 2566.
- นายแพทย์ ก (ผู้ให้สัมภาษณ์). กฤษฎา ชูเสน (ผู้สัมภาษณ์). ที่ โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร 35160. เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2566.
- นายแพทย์ ค (ผู้ให้สัมภาษณ์). กฤษฎา ชูเสน (ผู้สัมภาษณ์). ที่ โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร 35160. เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2566.
- พยาบาล ง (ผู้ให้สัมภาษณ์). กฤษฎา ชูเสน (ผู้สัมภาษณ์). ที่ โรงพยาบาลค้อวัง อำเภอค้อวัง จังหวัดยโสธร 35160. เมื่อวันที่ 14 ธันวาคม 2566.



การศึกษาบริบทและแนวทางการพัฒนาศักยภาพผู้สูงอายุ
เพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมในจังหวัดลำปาง
The Study of Context and Development of the Elderly Potential
for Dementia Prevention in Lampang Province

เบญจมาศ ยศเสนา^{1*} ศรีจันทร์ พลับจัน² ปานจันทร์ อิ่มหน้า² อัญชิกาญจน์ ภูธรใจ¹

พิชญาภา จันทศรี³ และ พิมภา อิมสำราญรัชต์⁴

Benchamat Yotsena^{1*} Srijan Pubjain² Panjam Imnum² Ansikarn Puthornjai¹

Pidchayapa Chanthasri³ and Pimpa Imsamranrat⁴

¹คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตลำปาง จังหวัดลำปาง

²วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครลำปาง จังหวัดลำปาง

³คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์

⁴คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

¹Faculty of Liberal Arts, Thailand National Sport University, Lampang Campus, Lampang Province

² Boromarajonani College of Nursing, Nakhon Lampang, Lampang Province

³Faculty of Liberal Arts, Thailand National Sport University, Phetchabun Campus, Phetchabun Province

⁴ Faculty of Liberal Arts, Thailand National Sport University, Chiangmai Campus, Chiangmai Province

*Corresponding Author: violet_079@hotmail.com

Received: January 4, 2024

Revised: February 19, 2024

Accepted: February 27, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์ของชุมชนเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อม และเสนอแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุในเขตอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง โดยการคัดกรองผู้สูงอายุด้วยแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อม ได้แก่ แบบประเมินภาวะสมองเสื่อม Mini Cog แบบประเมินภาวะสมองเสื่อม IQ Code และแบบประเมินสมรรถภาพสมอง (MMSE) ในกลุ่มผู้สูงอายุที่อยู่ในเขตพื้นที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลศรีหมวดเกล้า และตำบลม่วงแงว อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง จำนวน 150 คน และสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการป้องกันภาวะสมองเสื่อม จำนวน 24 คน ผลการวิเคราะห์ SWOT Analysis พบว่า จุดแข็งในการป้องกันภาวะสมองเสื่อม ได้แก่ การออกกำลังกายเป็นประจำ การรับประทานอาหาร การทำกิจกรรมบริหารสมอง และการพักผ่อนอย่างเพียงพอ จุดอ่อน ได้แก่ การขาดความรู้เกี่ยวกับการป้องกันภาวะสมองเสื่อมที่ถูกต้อง ผู้สูงอายุขาดความตระหนักในการดูแลตนเอง การสูบบุหรี่ และดื่มสุรา รวมถึงสถานภาพทางเศรษฐกิจของครอบครัว นอกจากนี้ยังมีอุปสรรคและข้อจำกัดในการป้องกันภาวะสมองเสื่อม คือ การขาดแคลนบุคลากรสาธารณสุข แนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุ แบ่งได้ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับตนเอง/ครอบครัว คือ ผู้สูงอายุควรดูแลตนเองให้มีสุขภาพดีอย่างสม่ำเสมอ หลีกเลี่ยงสิ่งที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสมอง ระดับชุมชน/สังคม คือ จัดให้มีระบบประเมินและคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาระบบการดูแลและป้องกันภาวะสมองเสื่อมที่เหมาะสมกับกลุ่มเสี่ยงในระดับต่างๆ ระดับประเทศ คือ การจัดสรรบุคลากรทางด้านสุขภาพให้เพียงพอต่อการดูแลสุขภาพอนามัยของประชาชนอย่างทั่วถึง

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ ภาวะสมองเสื่อม การป้องกัน



Abstract

The present study aims to investigate the dementia prevention practices within the community and propose guidelines for preventing dementia among the elderly in the Muang District, Lampang Province. A total of 150 elderly individuals residing in the catchment areas of Sri Moud Klao and Mounng Ngwe Subdistricts, Muang District, Lampang Province, were assessed using dementia screening tools, including the Mini Cog Dementia Assessment, IQ Code Dementia Assessment, and the Mini-Mental State Examination (MMSE). Additionally, 24 relevant individuals were interviewed regarding dementia prevention strategies. SWOT Analysis results identified strengths such as regular exercise, balanced nutrition, cognitive activities, and adequate rest, along with opportunities for community engagement among the elderly. Weaknesses encompassed limited awareness of effective dementia prevention methods, insufficient self-care practices, tobacco and alcohol use, and economic challenges within families. Furthermore, challenges in dementia prevention included a shortage of healthcare personnel. The proposed directions and strategies for dementia prevention among the elderly are categorized into three levels. At the individual/family level, emphasis is placed on promoting self-care practices and maintaining a healthy lifestyle to mitigate risks of dementia. At the community/social level, the implementation of assessment and screening systems for dementia among the elderly is suggested to facilitate the development of tailored care and prevention programs for various risk groups. Lastly, at the national level, ensuring an adequate allocation of medical personnel to comprehensively address public health needs is advocated.

Keywords: Elderly, Dementias, Prevention

1. บทนำ

ประเทศไทยมีผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมขึ้นต่ำจำนวน 450,000 รายในปี 2563 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ในปี 2593 ซึ่งภาวะสมองเสื่อมในประเทศไทยจะพบความชุกสูงสุด ในกลุ่มที่มีอายุมากกว่า 80 ปีและข้อมูลล่าสุดของการศึกษาปี พ.ศ. 2559 พบว่าจำนวนผู้สูงอายุที่อยู่ใน ภาวะพึ่งพิง ประมาณ 4 แสนคน และผู้สูงอายุที่เป็นโรคสมองเสื่อมประมาณ 6 แสน ราย มีแนวโน้มเพิ่มจำนวนสูงในอีก 20 ปีข้างหน้า โดยคาดการณ์ว่าผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคสมองเสื่อมจะเพิ่มเป็น 1.4 ล้านคน (Department of Older Persons, 2022) ผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมจะมีปัญหาทางด้านอารมณ์ การรับรู้และพฤติกรรมที่ผิดปกติ มีอาการซึมเศร้า หงุดหงิด หลงลืมและชอบทะเลาะกับผู้อื่น การแสดงออกของพฤติกรรม ที่ผิดปกติจะค่อยเป็นค่อยไป เริ่มจากการรับรู้ การรู้คิด ความจำ การใช้ภาษา การตัดสินใจ การเข้าสังคม และการแสดงออกทางพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม เมื่อเข้าสู่ระยะสุดท้าย ผู้สูงอายุกลุ่มนี้จะไม่สามารถ เคลื่อนไหวร่างกายได้ มีการสูญเสียการรับรู้แบบสมบูรณ์ และกลายเป็นผู้ป่วยติดเตียงในที่สุด ทั้งนี้ปัจจัยหรือสาเหตุของการเกิดภาวะสมองเสื่อม เกิดจากการกระบวนการฝ่อตัวของเซลล์สมองที่เป็นไปตามกระบวนการชรา ทำให้เซลล์สมองเริ่มมีการสูญเสียหน้าที่ไปอย่างช้า ๆ จะเริ่มจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งของสมอง (World Health Organization, 2019) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดภาวะสมองเสื่อม ได้แก่ หลอดเลือด (Vascular) การติดเชื้อ (Infectious) สารพิษและเมตาบอลิกที่ผิดปกติ (Toxic and metabolic) ภูมิแพ้ตนเอง (Autoimmune) เนื้องอกชนิดร้าย (Neoplasma/Metastasis) โรคที่เกิดจากการปฏิบัติทางการแพทย์ (Iatrogenic) เช่น ยาต่าง ๆ ที่ใช้รักษาแล้วมีผลต่อสมอง เป็นต้น การเสื่อมของเซลล์ประสาท (Neurodegenerative) และโรคตามระบบ



(Systemic) เช่น โรคเรื้อรังทางอายุรศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งโรคเหล่านี้เป็นโรคที่ไม่ติดต่อเรื้อรังและมักพบในกลุ่มประชากรสูงอายุเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ในจังหวัดลำปางพบว่า มีผู้สูงอายุจำนวนมากที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการป่วยด้วยโรคสมองเสื่อม (Ministry of Public Health, 2022) ประกอบกับจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มมากขึ้นและมีอายุสูงขึ้นทำให้โอกาสในการเจ็บป่วยด้วยโรคสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุ

ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมีเป้าหมายที่จะศึกษาสถานการณ์ของชุมชนเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุในเขตอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เพื่อนำเสนอแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และกำหนดทิศทางการและกลยุทธ์ที่จำเป็นในการสร้างแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ในรูปแบบของการจัดกิจกรรมสำหรับผู้สูงอายุเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อม รวมถึงแนวทางการดูแลผู้สูงอายุในด้านโภชนาการ โดยมีความคาดหวังว่าจะสามารถใช้เป็นแนวทางป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุในเขตอำเภอเมือง จังหวัดลำปางได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากเป็นปัญหาสุขภาพของประชากรส่วนใหญ่ของประเทศที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาทางเศรษฐกิจ ระบบสาธารณสุข และปัญหาทางสังคมอันเกิดจากคนและเงินที่จะนำมาใช้ในการดูแลผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมที่จะเพิ่มตามมาด้วย

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ ผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 60-69 ปีที่ไม่ใช่ผู้ป่วยติดเตียงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และผู้สูงอายุที่ไม่ป่วยเป็นโรคสมองเสื่อม โดยทำการเลือกตัวอย่างจากจำนวนประชากรสูงอายุที่อาศัยอยู่ในเขตการดูแลของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลบ้านม่วงแงว ตำบลบ่อแฮ้ว อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และจำนวนประชากรสูงอายุที่อาศัยอยู่ในเขตการดูแลของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านศรีหมวดเกล้า ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง จำนวน 2,937 คน และได้ทำการเลือกตัวอย่างจากประชากรที่ใช้ในการศึกษาโดยกำหนดตัวอย่างที่ใช้ในการเป็นตัวแทนของประชากรคิดเป็นร้อยละ 2 จึงสามารถกำหนดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้จำนวน 150 คน โดยแบ่งออกเป็นผู้สูงอายุที่อยู่ในเขตการดูแลของโรงพยาบาลทั้งสองแห่ง แห่งละ 75 คน ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจำนวน 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2563 - 30 กันยายน 2564 และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ในเขตพื้นที่เทศบาลนครลำปาง ได้แก่ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลบ้านม่วงแงว ตำบลบ่อแฮ้ว อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และพื้นที่นอกเขตเทศบาลนครลำปาง ได้แก่ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านศรีหมวดเกล้า ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้มี 2 รูปแบบ ได้แก่ การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อที่จะใช้ในการตอบ วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 โดยใช้เครื่องมือ คือ แบบการคัดกรองภาวะสมองเสื่อมโดยอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านและบุคลากรทางการแพทย์ ประกอบด้วย 1) แบบประเมินภาวะสมองเสื่อม Mini Cog 2) แบบประเมินภาวะสมองเสื่อม IQ Code และ 3) แบบประเมินสมรรถภาพสมอง (MMSE-Thai 2002) ของกระทรวงสาธารณสุข โดยการคัดกรองผู้สูงอายุด้วยแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อม ได้แก่ แบบประเมินภาวะสมองเสื่อม Mini Cog แบบประเมินภาวะสมองเสื่อม IQ Code และแบบประเมินสมรรถภาพสมอง (MMSE) ในกลุ่มผู้สูงอายุที่อยู่ในเขตพื้นที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลศรีหมวดเกล้าและม่วงแงว อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง จำนวน 150 คน เพศชาย 68 คน และเพศหญิง 82 คน โดยแบ่งออกเป็นผู้สูงอายุที่อยู่ในเขตการดูแลของโรงพยาบาลทั้งสองแห่ง แห่งละ 75 คน และสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการป้องกันภาวะสมองเสื่อมจำนวน 24 คน ได้แก่ ผู้นำชุมชน ประธานชมรมผู้สูงอายุ อาสาสมัครผู้สูงอายุ ในเขตเทศบาลนครลำปางและเทศบาลเขลางค์นคร ผู้แทนจากสาธารณสุขจังหวัดลำปางหรือผู้แทนจากโรงพยาบาลส่งเสริมประจำตำบล ผู้แทนจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ผู้แทนจากพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ และผู้แทนจากโรงพยาบาลในเขตเทศบาล โดยดำเนินการวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็งของพื้นที่ ตามแนวคิด SWOT Analysis เพื่อดำเนินการถอดบทเรียน แล้วนำเสนอแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่ม



ผู้สูงอายุอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และกำหนดทิศทางและกลยุทธ์ที่จำเป็นในการสร้างแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ทั้งนี้ผู้วิจัยนำเสนอโครงร่างงานวิจัยต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครลำปาง โดยได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยตามเอกสารรับรองเลขที่ E2564-007

3. ผลการวิจัย

ผลการคัดกรองภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุในเขตโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลศรีหมวดเกล้าและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลบ่อแฮ้ว อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่า ผู้สูงอายุที่เข้าร่วมการคัดกรอง จำนวน 150 คน ไม่เข้าข่ายภาวะสมองเสื่อม แบ่งเป็นเพศชายจำนวน 68 คน และเพศหญิงจำนวน 82 คน แต่มีบางส่วนที่ต้องเฝ้าระวังภาวะสมองเสื่อม เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่าผู้สูงอายุที่อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 60-69 ปี ซึ่งเป็นผู้สูงอายุตอนต้นที่ยังไม่มีการเสื่อมสภาพทางด้านร่างกายมากอยู่ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายระยะเริ่มต้น และยังไม่มีความบกพร่องทางสติปัญญา ที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตประจำวันและความสามารถในการดำเนินชีวิตจึงทำให้ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในพื้นที่มีวัฒนธรรมการดำเนินชีวิตแบบดั้งเดิม

นอกจากนี้ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน ประธานชมรมผู้สูงอายุ อาสาสมัครผู้สูงอายุ ในเขตเทศบาลนครลำปางและเทศบาลเขลางค์นคร ผู้แทนจากสาธารณสุขจังหวัดลำปางหรือผู้แทนจากโรงพยาบาลส่งเสริมประจำตำบล ผู้แทนจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ผู้แทนจากพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ และผู้แทนจากโรงเรียนในเขตเทศบาล ได้มีแนวทางในการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุ คือ 1) การออกกำลังกายในกลุ่มผู้สูงอายุสามารถลดความเสี่ยงในการเป็นโรคภาวะสมองเสื่อม 2) การลด ละ เลิกบุหรี่ทำให้บุคคลมีความสามารถในการจำ ความรู้ความเข้าใจในประเด็นต่าง ๆ ที่รับรู้ลดลง และอาจจะส่งผลให้ผู้สูงอายุอาจจะมีความเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมมากขึ้น 3) ผู้สูงอายุควรได้รับวิตามินที่มีผลต่อการดูแลระบบประสาทและสมอง ตลอดจนการเลือกบริโภคอาหารให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย 4) การลด ละ เลิกดื่มสุราเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความสามารถของระบบประสาทและสมองลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุที่ดื่มสุราเป็นประจำ 5) การฝึกอบรมให้แก่ผู้สูงอายุเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภาวะสมองเสื่อม เพราะเมื่อผู้สูงอายุที่มีอาการปกติหรือมีอาการเล็กน้อยจะได้เข้ารับการรักษาได้ทันทั่วถึง ลดความเสี่ยงของภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุได้ 6) การเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคม ทำให้เกิดความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างบุคคล ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีสภาพจิตใจที่สดชื่น แจ่มใส ส่งผลต่อการมีสุขภาพที่ดี 7) การมีน้ำหนักตัวที่ไม่ได้มาตรฐานอาจจะมีผลต่อภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุ และ 8) การป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน ภาวะไขมันสูง การป่วยด้วยโรคซึมเศร้า และการสูญเสียการได้ยินในผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุที่ป่วยหรือมีภาวะโรคเรื้อรังดังกล่าวควรมีการดูแลสุขภาพทางด้านร่างกายและจิตใจของตนควบคู่กับการทำกิจกรรมทางกาย และกิจกรรมทางสังคม เพื่อลดกับการเผชิญภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุได้

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ตามแนวคิด SWOT Analysis เพื่อนำเสนอแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ดังตารางที่ 1 (Table 1.)



Table 1. SWOT Analysis

Strengths	Opportunities
- Regular exercise: Elderly individuals who are able to move their bodies exercise regularly in the morning or routinely participate in community activities. - Balanced nutrition: Elderly individuals prefer healthy foods such as local and seasonal vegetables, and they avoid high-fat and spicy foods. - Cognitive activities: Some elderly adults enjoy learning and frequently seek out activities that challenge their cognitive abilities. Alternatively, some older merchants may keep their minds active by doing math on a daily basis. - Adequate rest.	- Community engagement: Promote community activities to encourage elderly participation in a variety of activities. Physical activities organized by the community include walking, jogging, cycling, yoga, Tai Chi, and rhythmic dancing. Cognitive activities such as playing chess or checkers, as well as engaging in arithmetic games and other activities, can also aid in dementia prevention and stress relief. - Tailored dietary: Educate the elderly about nutrition to enable them to consume foods rich in vitamins that support the nervous system and brain, which are available seasonally and locally, and are beneficial for the elderly health.
Weaknesses	Threats
- Limited awareness: Elderly caretakers lack information and awareness about dementia. Most elderly individuals and their caretakers believe that forgetfulness is a natural sign of aging. As a result, there is no emphasis on appropriate conduct to avoid dementia. - Insufficient self-care practices. - Disregarding advice: Some older people have congenital disorders and have sought advice from hospitals. However, they did not adhere to the advice in terms of exercise, avoiding spicy, sugary, oily, and salty foods, as well as abstaining from smoking and alcohol consumption. - Lack of dedicated caretaker: Some elderly individuals have limited mobility, but there are no dedicated caregivers to assist them. Caregivers lack time to attend to the elderly as they must work, leading to elderly individuals being left alone at home. - Economic challenges: Some elderly households are economically disadvantaged. As a result, they prioritize their professional pursuits, devoting the majority of their time to work and limiting access to resources and services necessary for dementia prevention and management.	- Shortage of healthcare personnel: There is a lack of public health workers, resulting in inadequate care for the elderly. Consequently, the promotion of dementia prevention knowledge and skills among the elderly is still in its early stages.



4. อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการคัดกรองภาวะสมองเสื่อมกับผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 60-69 ปี ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ไม่มีภาวะสมองเสื่อม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นกลุ่มบุคคลที่ยังไม่สูงวัยมากนัก (ผู้สูงอายุตอนต้น) โดยผลการศึกษาดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาในกลุ่มประชากรสูงอายุในประเทศไทยที่พบความชุกของโรคสมองเสื่อมร้อยละ 3.4 และจะพบความชุกตามกลุ่มอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 60-69 ปี การเกิดโรคสมองเสื่อมคิดเป็นร้อยละ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มผู้สอดคล้องกับการศึกษาของ Wongsaree & Peaunthong (2018) ที่พบว่า ในกลุ่มผู้สูงอายุตอนต้นจะยังไม่ค่อยพบผู้ป่วยโรคสมองเสื่อม แต่เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุตอนกลาง และวัยสูงอายุตอนปลาย สัดส่วนของผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคสมองเสื่อมจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ซึ่งผู้วิจัยนำประเด็นสรุปตามแนวคิด SWOT Analysis เพื่อนำเสนอแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง มาดำเนินการอภิปรายผลตามประเด็นต่อไปนี้

จากผลการศึกษาพบว่า การศึกษาบริบทและแนวทางการพัฒนาศักยภาพผู้สูงอายุเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมในจังหวัดลำปาง ผลที่เกิดขึ้นจากการศึกษา อาจเป็นเพราะว่าประชากรผู้สูงอายุยังอยู่ในช่วงตอนต้น กล่าวคือ มีอายุระหว่าง 60-69 ปี ทำให้อัตราการเกิดโรคภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มนี้ยังปรากฏไม่มากเท่าที่ควร ประกอบกับผู้สูงอายุในช่วงตอนต้นยังมีการเคลื่อนไหวร่างกายและสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ตามปกติ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุบางรายยังประกอบอาชีพด้วย เมื่อพิจารณาทางด้านตามตารางการวิเคราะห์ SWOT Analysis พบว่า จุดแข็งและโอกาสของการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุได้แก่ การออกกำลังกายเป็นประจำสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมได้ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ และลดความเสี่ยงจากการเจ็บป่วยด้วยโรคสมองเสื่อม 45 เปอร์เซ็นต์ (Alty et al., 2020; Perneczky, 2019b) ทั้งนี้การออกกำลังกาย เช่น การเดินแอโรบิก การเดินเร็ว การวิ่ง การปั่นจักรยาน การว่ายน้ำ เป็นต้น เมื่อผู้สูงอายุออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง ทำให้สมองได้รับออกซิเจนและกลูโคสได้ดีขึ้น เป็นการเพิ่มปริมาณเลือดไปเลี้ยงสมอง ช่วยซ่อมและสร้างเซลล์สมองทำให้ความจำและสมรรถภาพสมองด้านการรู้คิดดีขึ้น นอกจากนี้ประโยชน์ของการออกกำลังกายยังช่วยด้านการนอนหลับ ลดความเครียด และลดความวิตกกังวลได้ เป็นการชะลอการเกิดภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุได้ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์จุดแข็ง ยังพบว่า การรับประทานอาหารยังเป็นจุดแข็งในการป้องกันภาวะสมองเสื่อม (Aranda et al., 2021; Solomon et al., 2021; Dominguez et al., 2021; World Health Organization, 2019) การรับประทานอาหารมีผลต่อการเกิดโรคภาวะสมองเสื่อม และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับประทานอาหารของผู้สูงอายุ ซึ่งควรเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ ในขณะที่การศึกษาในครั้งนี้พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มักจะชอบรับประทานอาหารผัดพื้นบ้านตามฤดูกาล หลีกเลียงอาหารที่มีไขมันสูงและอาหารที่มีรสจัด หลีกเลียงอาหารหวาน มัน เค็ม ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคอ้วน โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และการมีภาวะไขมันในเลือดสูง โดยโรคดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะสมองเสื่อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุ ในขณะที่ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดลำปางเป็นมีการบริโภคผัดพื้นบ้านตามฤดูกาล หลีกเลียงอาหารที่มีไขมันสูงและอาหารที่มีรสจัด ทำให้โอกาสการเกิดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังในกลุ่มผู้สูงอายุลดลงจากพฤติกรรมบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ ตลอดจนเป็นแนวทางป้องกันภาวะสมองเสื่อมในกลุ่มผู้สูงอายุด้วย นอกจากนี้การบริโภคอาหารอย่างเพียงพอกับความต้องการทางด้านร่างกายยังเป็นการป้องกันภาวะทุพโภชนาการที่อาจจะเกิดขึ้นในผู้สูงอายุด้วย

นอกจากนี้ยังพบว่า การทำกิจกรรมบริหารสมองส่งผลต่อความเสี่ยงในการเผชิญหน้ากับโรคภาวะสมองเสื่อม (García-Vivar et al., 2024; Grande et al., 2020; Dominguez et al., 2021; Perneczky, 2019a) กล่าวคือ การบริหารสมองเปรียบเสมือนเป็นการออกกำลังกายของสมอง ช่วยให้มีการหมุนเวียนของเลือดบริเวณสมองได้เป็นอย่างดี พฤติกรรมของผู้สูงอายุมักจะหลง ๆ สิม ๆ หากผู้สูงอายุไม่ได้รับการดูแลที่เหมาะสมจะทำให้ปัญหาเรื่องความจำทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ



จนส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตในที่สุด ผู้สูงอายุที่มีภาวะการรู้คิดบกพร่องเล็กน้อยมีความเสี่ยงสูงที่จะพัฒนาไปสู่ภาวะสมองเสื่อมได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าผู้สูงอายุบางรายที่ชอบเรียนรู้มักจะสรรหากิจกรรมเพื่อบริหารสมองอยู่เสมอ หรือผู้สูงอายุบางรายที่ประกอบอาชีพค้าขายก็จะได้บริหารสมองด้วยการคิดเลขเป็นประจำ สอดคล้องการศึกษาความสัมพันธ์ของการทำกิจกรรมบริหารสมองและภาวะสมองเสื่อม พบว่า การทำกิจกรรมบริหารสมอง เช่น กิจกรรมการรับรู้วัน เวลา สถานที่ กิจกรรมประสาทสัมผัส กิจกรรมการบอกทาง กิจกรรมจับคู่กับความจำกิจกรรมเรียงเลข กิจกรรมเงาบอกรูปสัตว์และผลไม้ กิจกรรมบริหารสมองกับการนับเลข กิจกรรมปั่นดินให้เป็นดาว เกมเขาวงกต กิจกรรมเรียงลูกบาศก์ เป็นต้น กิจกรรมเหล่านี้เป็นการฝึกสมองและความจำ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดของผู้สูงอายุเป็นการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุได้ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการดำเนินกิจกรรมบริหารสมองดังกล่าวนอกจากจะส่งผลต่อการใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์แก่ผู้สูงอายุแล้ว ยังเป็นการทำให้ผู้สูงอายุมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลในครอบครัว หรือบุคคลอื่นที่เข้ามาร่วมกิจกรรมทำให้มีสภาพจิตใจที่เบิกบาน แจ่มใส ส่งผลต่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้สูงอายุ ในขณะที่ผู้สูงอายุในจังหวัดลำปางด้วยบริบทของพื้นที่ทำให้ผู้สูงอายุในจังหวัดลำปางสามารถร่วมกิจกรรมทางสังคมในงานประเพณี พิธีกรรมในท้องถิ่นได้ มีการรวมกลุ่มกันเพื่อทำกิจกรรมทางสังคม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่าง ๆ ทำให้ผู้สูงอายุได้มีการใช้กระบวนการความคิดอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

นอกจากนี้ยังพบว่าการพักผ่อนอย่างเพียงพอยังเป็นการป้องกันภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ดังจะเห็นได้จากการศึกษาของ Adamowicz & Lee (2023) และ Toivonen et al. (2023) ที่พบว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้นความเสื่อมของร่างกายย่อมเกิดขึ้นตามสรีรภาพทางด้านร่างกาย โดยเฉพาะคนทำงานที่ใช้ร่างกายอย่างหนัก พักผ่อนน้อย มีภาวะเครียดสะสมอาจส่งผลให้อวัยวะสำคัญอย่างสมองเกิดภาวะสมองล้า ส่งผลให้ความจำและการทำงานของสมองลดลง ทำให้เกิดโรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน โรคความจำเสื่อมก่อนวัย อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตได้ในระยะยาว ดังนั้นเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุจึงควรให้ความสำคัญกับการพักผ่อนอย่างเพียงพอ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่ได้ทำงานจึงมีเวลาพักผ่อนเต็มที่ ทำให้ลดภาวะความเครียดได้ กล่าวได้ว่า ผู้สูงอายุที่ผ่านช่วงวัยทำงานมาแล้วทำให้ร่างกายทำงานอย่างหนัก อาจพักผ่อนน้อย มีภาวะเครียดสะสม ส่งผลให้เกิดภาวะสมองล้าทำให้ความจำและการทำงานของสมองลดลง ดังนั้นการดูแลตนเองให้พักผ่อนนอนหลับอย่างน้อยวันละ 6-8 ชั่วโมง เป็นแนวปฏิบัติในการดูแลตนเองเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของบุคคล โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุที่ควรมีการพักผ่อนให้เพียงพอเพื่อให้สามารถฟื้นฟูทางด้านร่างกายและจิตใจ และสามารถใช้ชีวิตอยู่ได้อย่างเป็นปกติสุข

ทั้งนี้ยังพบประเด็นการส่งเสริมกิจกรรมของชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ghahremani et al. (2023) และ Hachinski & Avan (2022) โดยพบว่าการเข้าร่วมกิจกรรมของผู้สูงอายุช่วยลดและชะลอความเสี่ยงของความจำที่ถดถอยและก่อให้เกิดภาวะสมองเสื่อม คือ การเข้าสังคม การออกไปทำกิจกรรมกับคนคุ้นเคย ไม่ว่าจะเป็นเพื่อนสนิทหรือญาติพี่น้อง ซึ่งนอกจากจะทำให้จิตใจของผู้สูงอายุดีขึ้น ยังเป็นการลดความตึงเครียดแล้วยังช่วยให้ผู้สูงอายุไม่เกิดความรู้สึกเหงา โดดเดี่ยว อ้างว้าง ทั้งนี้การเข้าสังคมหรือการเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมอยู่เป็นประจำช่วยให้การดำเนินโรคของภาวะสมองเสื่อมชะลอลง และผู้สูงอายุมีสภาพร่างกายและจิตใจที่ดีขึ้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าผู้สูงอายุมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ที่ชุมชนจัดขึ้นทั้งกิจกรรมทางกาย เช่น การเดิน วิ่งเหยาะ ปั่นจักรยาน โยคะ รำไทเก๊ก การเต้นประกอบจังหวะ และกิจกรรมทางความคิด เช่น การเล่นเกมการกุศล การเล่นเกมฮอส เกมคณิตเลข เป็นต้น เพื่อเพิ่มการป้องกันภาวะสมองเสื่อมและลดภาวะเครียดได้ พบว่าผู้สูงอายุที่มีการเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมมากมีพฤติกรรมการป้องกันภาวะสมองเสื่อมเหมาะสมมาก เนื่องจากการเข้าร่วมกิจกรรมสังคมน้อย ๆ พบปะพูดคุยกับบุคคลอื่น เช่น การไปงานเลี้ยง การเข้าชมรมผู้สูงอายุ การไปวัด การเยี่ยมญาติพี่น้อง เป็นการสร้างสังคมใหม่ทำให้ผู้สูงอายุมีการเรียนรู้รับการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจะช่วยป้องกันการเกิดภาวะสมองเสื่อมได้ เพราะได้พูดคุย ได้ตอบกับคนอื่น ทำให้สมองได้ใช้ความคิด ผ่อนคลายจากความเครียด และมีความสุขทางใจ รวมถึงการเห็นคุณค่าในตนเองของผู้สูงอายุด้วย



อย่างไรก็ตามโอกาสในการป้องกันการเกิดโรคสมองเสื่อมในครั้งนี้นี้ พบว่าการให้ความรู้เกี่ยวกับโภชนาการแก่ผู้สูงอายุเป็นแนวทางปฏิบัติที่สำคัญในการดูแลสุขภาพของตนเองแก่ผู้สูงอายุ สอดคล้องกับการศึกษาของ Adamowicz & Lee (2023) และ Livingston et al. (2020) ที่มุ่งเน้นแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในการดูแลสุขภาพทางด้านโภชนาการในการดูแลตนเองของผู้สูงอายุ โดยมองว่าพฤติกรรมบริโภคเกิดความความตระรู้ในการดูแลเรื่องโภชนาการของตนเอง การให้ความสำคัญต่อประโยชน์และโทษของอาหารและเครื่องดื่มที่บริโภคในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ในการศึกษาค้นคว้านี้ พบว่าผู้สูงอายุสามารถรับประทานอาหารที่มีวิตามินในการบำรุงระบบประสาทและสมองที่สามารถหาได้เองตามฤดูกาลและมีในท้องถิ่นปลอดภัย แก่ผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุอยู่ในเขตเมืองกึ่งชนบท การเข้าถึงข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นการเข้าถึงข้อมูลจากบุคคลากรสาธารณสุขในพื้นที่ เช่น อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน พยาบาลวิชาชีพที่ทำงานในหน่วยงานเกี่ยวกับสุขภาพในพื้นที่ ทำให้ผู้สูงอายุอาจจะมีความรู้เกี่ยวกับภาวะโภชนาการในการป้องกันภาวะสมองเสื่อมไม่เพียงพอสอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง “ภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อม” พบว่า แบบแผน รูปแบบ วัฒนธรรม ความเชื่อเกี่ยวกับอาหารและการรับประทานอาหารมีความแตกต่างกันกับบริบทสังคมไทย อาจจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุในประเทศไทย (Aekplakorn et al., 2016) ประกอบกับองค์ความรู้เกี่ยวกับภาวะโภชนาการในการป้องกันภาวะสมองเสื่อมเกิดขึ้นในวงแคบ ทำให้การเข้าถึงข้อมูลทางโภชนาการน้อยลงด้วย ดังนั้นบทบาทของบุคคลากรสาธารณสุขในการส่งเสริมการดูแลผู้สูงอายุเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมในด้านโภชนาการควรมีการดำเนินการนอกเหนือจากการลด หวาน มัน เค็มในผู้สูงอายุแล้วยังต้องให้ความรู้เกี่ยวกับอาหารบำรุงระบบประสาทและสมองด้วย และมีการติดตามประเมินภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุในพื้นที่อย่างต่อเนื่องเป็นประจำ เนื่องจากผู้สูงอายุ และผู้ดูแลผู้สูงอายุขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภาวะสมองเสื่อม ผู้สูงอายุและผู้ดูแลส่วนใหญ่มักคิดว่าอาการหลงลืมเป็นอาการที่พบได้เป็นปกติในผู้สูงอายุ จึงไม่ได้ให้ความสำคัญในการดูแลทางด้านโภชนาการเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมที่ถูกต้องแก่ผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตามผู้สูงอายุต้องตระหนักในการดูแลตนเองเพื่อเป็นการลดภาระในการดูแลของผู้ดูแล และเป็นการเสริมสร้างองค์ความรู้ให้แก่ตนเองเพื่อลดความเสี่ยงจากภาวะสมองเสื่อมที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ในขณะที่ด้านจุดอ่อนและอุปสรรคในการป้องกันภาวะสมองเสื่อมในจังหวัดลำปาง พบว่า ปัญหาทางเศรษฐกิจครอบครัวยุสูงอายุบางคนมีฐานะยากจน จึงใช้เวลาส่วนใหญ่กับการประกอบอาชีพ จึงทำให้ไม่สามารถดูแลตัวเองได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Takao et al. (2021) และ Toivonen et al. (2023) ที่แสดงให้เห็นว่าสถานภาพทางด้านเศรษฐกิจของบุคคลย่อมมีผลกระทบต่อสุขภาพทางด้านร่างกายและจิตใจของบุคคล กล่าวคือ ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่มีรายได้อย่างเป็นประจำและต่อเนื่อง เนื่องจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่ได้ประกอบอาชีพ หากมีการประกอบอาชีพก็มักจะเป็นอาชีพทางด้านเกษตรกรรมซึ่งมีรายได้ไม่เพียงพอกับรายจ่าย ประกอบกับการเจ็บป่วยทางด้านร่างกายจะต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ จึงทำให้ผู้สูงอายุละเลยการดูแลสุขภาพของตนเองไป นอกจากนี้ด้านบุคลากร จะพบว่า บุคลากรสาธารณสุขมีไม่เพียงพอทำให้ดูแลผู้สูงอายุไม่ทั่วถึง ส่งผลให้การส่งเสริมความรู้และทักษะเกี่ยวกับการป้องกันภาวะสมองเสื่อมให้แก่ผู้สูงอายุยังไม่ครอบคลุมในพื้นที่สอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง “นโยบายการบริหารกับการขาดแคลนพยาบาลวิชาชีพ” จะเห็นได้ว่า พยาบาลวิชาชีพที่กำลังสำคัญมีสัดส่วนลดลงอย่างต่อเนื่องและพยาบาลวิชาชีพส่วนใหญ่ที่ประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลมีอายุมากและมีจำนวนบุคลากรน้อยแต่มีภาระในการดูแลและให้บริการประชาชนจำนวนมาก จากสภาพปัญหาการขาดแคลนบุคลากรทางด้านสาธารณสุขดังกล่าวทำให้กระทรวงสาธารณสุขได้มีการจัดโครงการคลินิกหมอครอบครัวที่ประกอบด้วย ทีมสหสาขาวิชาชีพทำหน้าที่ร่วมกับบุคลากรในพื้นที่ในการดูแลสุขภาพและให้ความรู้แก่ประชาชนด้วย



5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาด้วยวิธี SWOT Analysis พบว่า จุดแข็งและโอกาส คือ ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมดูแลสุขภาพของตนเอง ด้วยการออกกำลังกาย การเข้าร่วมกิจกรรมของชุมชนเป็นประจำ มีพฤติกรรมรับประทานอาหารที่มีประโยชน์และเหมาะสมกับวัย นอกจากนี้ยังมีการทำกิจกรรมบริหารสมองอย่างสม่ำเสมอและผู้สูงอายุมีการพักผ่อนอย่างเพียงพอ นอกจากนี้โอกาสในการป้องกันภาวะสมองเสื่อม คือ การส่งเสริมกิจกรรมของชุมชนและการให้ความรู้เกี่ยวกับโภชนาการแก่ผู้สูงอายุ เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถรับประทานอาหารที่เหมาะสม ซึ่งการดำเนินกิจกรรมทั้งสองอย่างนี้ดำเนินการโดยหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล และหน่วยงานท้องถิ่นที่ดำเนินการจัดกิจกรรมและให้ความรู้ดังกล่าวควบคู่ไปกับการป้องกันและลดความเสี่ยงของผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ในพื้นที่ ในขณะที่ด้านจุดอ่อนและอุปสรรค พบว่า ผู้ดูแลผู้สูงอายุขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภาวะสมองเสื่อมจึงไม่ได้ให้ความสำคัญในการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมที่ถูกต้อง ขาดผู้ดูแลอย่างใกล้ชิดเนื่องจากมีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวร่างกาย ทำให้ผู้สูงอายุอยู่บ้านตามลำพัง และปัญหาทางเศรษฐกิจ ครอบครัวผู้สูงอายุบางคนมีฐานะยากจน จึงใช้เวลาส่วนใหญ่กับการประกอบอาชีพ จึงทำให้ไม่สามารถดูแลตัวเองได้ ประกอบกับการขาดแคลนบุคลากรสาธารณสุขจึงทำให้การส่งเสริม ดูแล และป้องกันพฤติกรรมสุขภาพอาจจะดำเนินการได้ไม่ทั่วถึง

ผู้สูงอายุและญาติส่วนใหญ่มีความเข้าใจผิดในเรื่องภาวะสมองเสื่อมว่าเป็นเรื่องปกติของภาวะสูงวัย และอาการแสดงส่วนใหญ่ก็ไม่ชัดเจนจึงไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที ประกอบกับภาวะสมองเสื่อมไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ จึงควรมีแนวทางการป้องกันภาวะสมองเสื่อมดังนี้

5.1 ระดับตนเอง/ครอบครัว

5.1.1 การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ เช่น เดิน วิ่งเหยาะๆ ปั่นจักรยาน โยคะ รำไทเก๊ก เป็นต้น การออกกำลังกายจะทำให้เซลล์สมองได้รับการกระตุ้น และชะลอการเสื่อมของสมองได้ ทั้งนี้ในการออกกำลังกายแต่ละครั้งควรระมัดระวังอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นด้วย

5.1.2 การรับประทานอาหาร โดยเลือกรับประทานอาหารให้ครบห้าหมู่ หลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอลสูง ควรเลือกรับประทานอาหารที่มีวิตามินซี วิตามินอีและกรดโฟลิกสูง ทั้งนี้การเลือกรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสมอาจเป็นสาเหตุของภาวะน้ำหนักรุนแรง

5.1.3 หลีกเลี่ยงสิ่งที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสมอง เช่น การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่หรือหลีกเลี่ยงในสภาพแวดล้อมที่มีควันบุหรี่ ซึ่งอาจส่งผลทำให้หลอดเลือดหดตัวและมีผลต่อการไหลเวียนเลือดในสมอง นอกจากนี้ยังรวมถึงการรับประทานยาด้วยตัวเองโดยไม่จำเป็น เช่น ยาแก้แพ้ ยาคลายเครียด หรือยานอนหลับ เป็นต้น

5.1.4 การทำกิจกรรมหรือเข้าร่วมกิจกรรมฝึกฝนสมองอยู่เป็นประจำ เช่น การเล่นเกมตอบปัญหา การคิดเลข การอ่าน/เขียนหนังสือ หรือฝึกสมาธิ เป็นต้น

5.1.5 การเข้ารับการตรวจสุขภาพประจำปี หรือการเข้ารับการตรวจติดตามโรคประจำตัวอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะทราบผลเบื้องต้นเพื่อวางแผนการรักษาและควบคุมหรือป้องกันโรคที่อาจเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมได้ทันที่

5.2 ระดับชุมชน/สังคม

5.2.1 จัดให้มีระบบประเมินและคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาระบบการดูแลและป้องกันภาวะสมองเสื่อมที่เหมาะสมกับกลุ่มเสี่ยงในระดับต่างๆ โดยแบบคัดกรองหรือแบบประเมินที่ใช้กันทั่วไป เช่น แบบประเมินสมรรถภาพสมอง Mini Cog ใช้สำหรับผู้สูงอายุทั่วไปที่ไม่มีปัญหาด้านการสื่อสาร, แบบประเมินสมรรถภาพสมอง IQ Code ใช้สำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการสื่อสาร หรือ แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini-Mental



State Examination-Thai: MMSE-Thai) ซึ่งถือได้ว่าเป็นแบบประเมินที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการคัดกรองภาวะสมองเสื่อม โดยกำหนดระยะเวลาการคัดกรองผู้สูงอายุทุก ๆ 6 เดือน

5.2.2 จัดให้มีกิจกรรมส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมในด้านต่าง ๆ ได้แก่ กิจกรรมทางกาย เพื่อส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมีการออกกำลังกายและให้มีการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างสม่ำเสมอ เช่น การเดิน รืดเหยาะ ปั่นจักรยาน โยคะ รำไทเก็ก การเต้นประกอบจังหวะ หรือกิจกรรมทางความคิดเพื่อกระตุ้นความตื่นตัวของสมองให้เกิดความคิดที่ช่วยผ่อนคลายความเครียด เช่น การเล่นเกมตอบปัญหา การคิดเลข การอ่าน/เขียนหนังสือ หรือฝึกสมาธิ เป็นต้น ในขณะที่ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว เช่น โรคความดันโลหิต โรคเบาหวาน โรคไขมันในเส้นเลือด โรคหลอดเลือดสมอง โรคหลอดเลือดหัวใจ ภาวะน้ำหนักเกิน เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของตนเอง ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมได้ จึงควรมีโครงการส่งเสริมสุขภาพ โดยมีนักกายภาพบำบัดเข้ามาช่วยเหลือหรือให้คำแนะนำการบริหารกายด้วยตนเอง

5.2.3 จัดให้มีกิจกรรมอบรมให้ความรู้ด้านการปฏิบัติตัวที่ถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญหรือนักกิจกรรมบำบัดอย่างสม่ำเสมอ ในด้านการรับประทานยาที่ถูกต้อง การเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสม และการพักผ่อนอย่างเพียงพอ เพื่อป้องกันหรือชะลอการเกิดภาวะสมองเสื่อมเพิ่มมากขึ้น

5.2.4 จัดให้มีการติดตามเยี่ยมบ้านเป็นรายบุคคล โดยอาสาสมัครสาธารณสุขหรือเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เพื่อที่จะสามารถประเมินความรู้และการปฏิบัติตัวของผู้สูงอายุได้ และสามารถให้คำแนะนำและกระตุ้นให้ผู้สูงอายุปฏิบัติตัวได้ถูกต้องยิ่งขึ้น อีกทั้งการติดตามเยี่ยมบ้านยังสามารถทำให้บุคลากรสาธารณสุขสามารถตรวจประเมินภาวะสุขภาพผู้สูงอายุได้ไม่เพียงแต่ภาวะสมองเสื่อม แต่ยังรวมถึงภาวะซึมเศร้า ภาวะโภชนาการ การตรวจเลือด การตรวจร่างกาย หรือภาวะอื่น ๆ ได้อีกด้วย ทำให้เข้าถึงผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงสูงได้ง่าย หากพบผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงสูง อาจประสานแพทย์หรือทีมสหวิชาชีพเพื่อรับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสมต่อไป ซึ่งจะสามารถชะลอการดำเนินของโรคได้

5.2.5 จัดให้มีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมหรือพื้นที่ที่เอื้อต่อการทำกิจกรรมของผู้สูงอายุให้มีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น เป็นการสร้างบรรยากาศเพื่อให้มีความต้องการอยากเข้าร่วมกิจกรรม

สำหรับข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัยในครั้งต่อไป ผู้วิจัยมีประเด็นที่ไม่สามารถดำเนินการได้ คือ การจัดทำรูปแบบทางกาย หรือกิจกรรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อภาวะสมองเสื่อม ดังนั้นในการศึกษาครั้งถัดไป ผู้ที่สนใจอาจจะมีการจัดทำรูปแบบการทำกิจกรรมทางด้านร่างกาย ด้านจิตใจ และด้านสังคม เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถเข้าร่วมกิจกรรมและสามารถวัดพฤติกรรมป้องกันตนเองจากภาวะสมองเสื่อมได้อย่างแท้จริง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาสถานการณ์ของผู้สูงอายุเพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อมเท่านั้น อีกทั้งสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้การดำเนินการคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุมีระยะเวลาในการดำเนินการค่อนข้างจำกัด การเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้แค่เพียงการคัดกรองเท่านั้น ไม่ได้มีการสังเกตพฤติกรรมและบริบทต่าง ๆ รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสี่ยงที่อาจจะเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ข้อมูลที่ได้จึงเป็นการนำเสนอข้อมูลทางด้านผลลัพธ์การคัดกรองเท่านั้น

6. เอกสารอ้างอิง

- Adamowicz, DH., & Lee, EE. (2023). Dementia among older people with schizophrenia: an update on recent studies. *Current Opinion in Psychiatry*, 36(3), 150-155.
- Aekplakorn, V., Puckcharern, H., Thailkla, K., & Satheannoppakao, W. (2016). Thai National Health Examination Survey 5th. Nakornpathom: Mahidol University. (in Thai)
- Alty, J., Farrow, M., & Lawler, K. (2020). Exercise and dementia prevention. *Practical neurology*, 20(3), 234-240.



- Aranda, MP., Kremer, IN., Hinton, L., et al. (2021). Impact of dementia: Health disparities, population trends, care interventions, and economic costs. *Journal of the American Geriatrics Society*, 69(7), 1774-1783.
- Department of Older Persons. (2022). Situation of The Thai Older Persons 2022. Nakornpathom: Mahidol University. (in Thai)
- Dominguez, LJ., Veronese, N., Vernuccio, L., et al. (2021). Nutrition, physical activity, and other lifestyle factors in the prevention of cognitive decline and dementia. *Nutrients*, 13(11), 4080.
- García-Vivar, C., Konradsen, H., Svavarsdóttir, EK., et al. (2024). Healthcare interventions for older people with dementia and family caregivers in Europe: A scoping review. *International journal of nursing practice*, 30(2), e13172.
- Ghahremani, M., Nathan, S., Smith, EE., et al. (2023). Functional connectivity and mild behavioral impairment in dementia-free elderly. *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions (TRCI)*, 9(1), e12371.
- Grande, G., Qiu, C., & Fratiglioni, L. (2020). Prevention of dementia in an ageing world: Evidence and biological rationale. *Ageing Research Reviews*, 64, 101045.
- Hachinski, V., & Avan, A. (2022). From Dementia to Eumentia: A New Approach to Dementia Prevention. *Neuroepidemiology*, 56(3), 151-156.
- Livingston, G., Huntley, J., Sommerlad, A., et al. (2020). Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*, 396(10248), 413-446.
- Ministry of Health. (2022). Report according to indicators at the NCD clinic plus level in 2021 [Online]. Retrieved February 12, 2022, from: <https://lpg.hdc.moph.go.th/hdc/reports/report.php?source>
- Pernecky, R. (2019a). Dementia prevention and reserve against neurodegenerative disease. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 21(1), 53-60.
- Pernecky, R. (2019b). Dementia treatment versus prevention. *Dialogues in clinical neuroscience*, 21(1), 43-51.
- Solomon, A., Handels, R., Wimo, A., et al. (2021). Effect of a multidomain lifestyle intervention on estimated dementia risk. *Journal of Alzheimer's Disease*, 82(4), 1461-1466.
- Takao, M., Maki, Y., & Suzuki, T. (2021). Effect of financial incentives for participation in dementia prevention and support activities: results of a web survey with persons aged 60 and older. *Psychogeriatrics*, 21(3), 387-395.
- Toivonen, K., Charalambous, A., & Suhonen, R. (2023). A caring and living environment that supports the spirituality of older people with dementia: A hermeneutic phenomenological study. *International Journal of Nursing Studies*, 138, 104414.
- Wongsaree C., & Peaunthong, S. (2018). Dementia Syndrome in the Elderly: Nursing Care and Caring for Relatives Caregiver. *HCU Journal*, 22(43), 166-179. (in Thai)
- World Health Organization (WHO). (2019). Risk reduction of cognitive decline and dementia [Online]. Retrieved February 12, 2024, from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542796/>



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนาปรุงรส

Development of a seasoned crab fat rice cracker product

จีระนันท์ วงศ์วัฒนุญ¹ ปิยฉัตร ทองแพ่ง² เมธี ไชยหา³ และอภิญญา ภูมิสายดอน^{4*}

Jeeranan Wongwatanyoo¹ Piyachat Thongpaeng² Metee Chaiha³ and Apinya Bhumsaidon^{4*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

²สาขาวิชาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

³สาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมวัสดุ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

⁴สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์

¹Division of Food Technology and Innovation, Faculty of Liberal Arts and Science,
Sisaket Rajabhat University, Sisaket Province

²Division of Accounting, Faculty of Business Administration and Accounting,
Sisaket Rajabhat University, Sisaket Province

³Division of Product Design and Materials Innovation, Faculty of Liberal Arts and Science,
Sisaket Rajabhat University, Sisaket Province

⁴Food Technology branch Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin Province

*Corresponding Author: apinya.bh@ksu.ac.th

Received: August 30, 2023

Revised: January 30, 2024

Accepted: February 27, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนาปรุงรส และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทดสอบคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งใช้การทดแทนมันของปูนาชนิดผง โดยที่มีอัตราส่วนระหว่างมันปูนา : แป้งมันสำปะหลัง และสูตรอัตราส่วนระหว่างมันปูนา ร่วมกับตัวปูนาบดละเอียด : แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนเท่ากับ 20:80 (สูตรควบคุม) 25:75 40:60 และ 50:50 น้ำหนักต่อน้ำหนัก พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของมันปูนาในสูตรข้าวเกรียบ ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราการพองตัวลดลง ค่าสีเหลือง (b^*) มีค่ามากกว่าข้าวเกรียบสูตรควบคุมที่อัตราส่วน 20:80 มีความแข็งมากที่สุด ที่อัตราส่วน 25:75 มีความกรอบมากที่สุด ข้าวเกรียบมันปูนาที่อัตราส่วน 25:75 มีความแข็งและค่าความกรอบมากที่สุด ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสที่อัตราส่วน 50:50 มากที่สุด เมื่อนำข้าวเกรียบมันปูนาผสมกับเครื่องปรุงรสต้มยำและรสลาบ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 20 และ 30 โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบข้าวเกรียบจากมันปูนาที่ผสมเครื่องปรุงรสต้มยำ และรสลาบร้อยละ 30 มากที่สุด

คำสำคัญ: ปูนา มันปูนา ข้าวเกรียบปูนา

Abstract

The objectives of this research were to develop the processing process for seasoned rice cracker products, examine their physical properties, and test their sensory properties using a substitute of powdered field crab with the ratio of manna crab per cassava starch and the formula for the ratio of field crab fat and



finely ground field crab per cassava starch. The ration included 20:80 (control formula), 25:75, 40:60 and 50:50 by weight to weight. The result indicated that an increase in the ratio of field crab fat in the cracker formula led to an increase in the sample moisture content. Furthermore, a decrease in swelling rate and the yellow value (b^*) was higher than the control formula rice cracker at the ratio of 20:80.

Keywords: Crab, Crab fat, Crab Rice Crackers

1. บทนำ

ปูนา (Ricefield Crabs) เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีรสชาติ และกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ มักพบในวัฒนธรรมเมนูอาหารท้องถิ่นของชุมชนทางภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคอื่น ๆ ไปยังชุมชนเมืองเกือบทั่วประเทศ ซึ่งในอดีตมีวิธีการหุงต้มปูนาตามแหล่งธรรมชาติ โดยเฉพาะตามทุ่งนาที่เป็นแหล่งอาศัย แต่เมื่อชาวนามีการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตข้าวเน้นการใช้ปุ๋ยและสารเคมีมากขึ้นเพื่อเพิ่มผลผลิต ทำให้ระบบนิเวศในนาข้าวเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในระบบนิเวศนาข้าวได้รับผลกระทบ รวมถึงปูนาที่ส่งผลให้มีจำนวนลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัดซึ่งประเทศไทยต้องนำเข้าปูนาจากประเทศเมียนมาจำนวนมากมีปริมาณสูงถึง 95% เพียง 5% เท่านั้นที่เป็นปูที่หาได้จากในประเทศ ราคาปูนาในปัจจุบันอยู่ที่ประมาณกิโลกรัมละ 50-60 บาท จึงมีเกษตรกรเพาะเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์ปูนาในเชิงพาณิชย์เพื่อการค้า (Kongngarm, 2022) ซึ่งเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาคาดแคลนปูนาได้เป็นอย่างดี อาชีพการเลี้ยงปูนาถือเป็นอาชีพใหม่ที่ผู้คนให้ความสนใจแนวโน้มหันมาเลี้ยงมากขึ้นเนื่องจากสามารถทำได้เองที่บ้านสามารถสร้างรายได้ที่เพิ่มขึ้นได้การเลี้ยงปูนาคือ การนำพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไปจำหน่ายให้กับเกษตรกรที่สนใจในการเลี้ยงปูนาและการนำปูนาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถสร้างมูลค่าให้ได้มากยิ่งขึ้น แต่ในขณะเดียวกันปูนา ยังคงได้รับความนิยมในการบริโภคและมีความต้องการในตลาดสูง จึงทำให้เกิดธุรกิจนำเข้าปูนาจากประเทศเพื่อนบ้าน และกลุ่มเกษตรกรเริ่มสนใจทำธุรกิจเลี้ยงปูนาเพื่อจำหน่ายเป็นอาชีพเพื่อสร้างรายได้เพิ่มมากขึ้น (Kaeokhumkhong et al., 2019) ซึ่งจากงานวิจัยของ Pintasiri and Promya, 2019 ได้รายงานไว้ว่าปริมาณโปรตีนสูงกว่าส่วนอวัยวะภายใน ในขณะที่ส่วนอวัยวะภายในมีปริมาณไขมันคาร์โบไฮเดรต และเถ้าสูงกว่าส่วนเนื้อปูที่ควรพัฒนาใช้เป็นแหล่งอาหารทางเลือก ได้แก่ ปูกางเขน (*Charybdis feriatus*) ปูใบม่วง (*Menippe rumphii*) ปูหินฟ้า (*Thalamita crenata*) ปูกะตอยก้ามดำ (*Charybdis hellerii*) และปูม้าลาย (*Portunus gladiator*) โดยในส่วนเนื้อมีโปรตีนคิดเป็นร้อยละ 19.11 ± 2.72 , 18.77 ± 0.59 , 17.91 ± 1.14 , 17.36 ± 1.27 และ 16.82 ± 0.07 ตามลำดับ และมีไขมันคิดเป็นร้อยละ 0.07 ± 0.04 , 0.15 ± 0.12 , 0.19 ± 0.07 , 0.13 ± 0.02 และ 0.18 ± 0.03 ตามลำดับ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากมันของปูนา และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทดสอบคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนาปรุงรสของผู้บริโภค

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เตรียมวัตถุดิบ วัสดุ และอุปกรณ์

2.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ มันปูนา แป้งมันสำปะหลัง พริกไทย และเกลือ

2.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการผลิต ได้แก่ อุปกรณ์งานครัวพื้นฐาน หม้อนึ่ง 2 ชั้น เครื่องสไลด์เนื้อ ถ้วยชั่ง ส่วนผสม และสแตนเลสผสม เป็นต้น

2.1.3 อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ TOMS รุ่น TM-EXJ2204H



- เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น XP/02
- เครื่องวัดค่าสี ระบบ L* a* b* ยี่ห้อ Hunterlab รุ่น ColorFlek
- เครื่องตรวจสอบเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro รุ่น TA.XT plus

2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

- เตรียมส่วนของมันปูโดยการ แกะส่วนของกระดองปูนา แล้วใช้ช้อนตักส่วนที่เป็นไขมันที่ติดกับส่วนกระดองปูนาออกมาแยกและเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้มันปูนาที่ได้เสื่อมเสีย ก่อนนำไปแปรรูปต่อไป

- นำส่วนของมันปูนาที่เตรียมได้ซึ่งมีปริมาณความชื้นของมันปูนาอยู่ 92% น้ำหนักแห้ง (%d.b.) และมีสีเหลืองส้ม นำมาทิ้งให้สุก เป็นเวลา 15 นาที ด้วยน้ำเดือด

2.2.2 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของมันปูนาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนาปรุงรส

- นำส่วนของมันปูที่นึ่งให้สุกและพักให้เย็น มาผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน คือ 20:80 25:75 40:60 และ 50:50 น้ำหนักต่อน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้ แป้งมันสำปะหลัง ต่อน้ำ ที่อัตราส่วน 80:20 ซึ่งมีวิธีการผลิตดังนี้

- แป้งมันสำปะหลังผสมมันปูนา และอีกสูตรการศึกษาใช้มันปูนาพร้อมกับส่วนของตัวปูนาบดละเอียด นำมาผสมกับพริกไทยร้อยละ 3 และเกลือร้อยละ 0.9 และเติมน้ำไม่เกินร้อยละ 10 หรือเติมเพื่อนวดให้ส่วนผสมสามารถนวดเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จนสามารถปั้นเป็นก้อนได้

- นวดจนส่วนผสมเหนียวขึ้นรูปเป็นแท่งเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-6 เซนติเมตร

- นึ่งด้วยน้ำเดือด ประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งก่อนแปะไว้ ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

- แช่เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

- ก่อนข้าวเกรียบที่ผ่านความเย็นมาหั่นเป็นแผ่น หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร

- อบที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (ความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 6-7 น้ำหนักแห้ง)

2.2.3 นำแผ่นข้าวเกรียบที่ได้ทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียส นาน 3-4 วินาที วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกอัตราส่วนของแป้งมันปะหลังต่อมัน และอัตราส่วนของแป้งมันปะหลังต่อมันที่เหมาะสม

2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติเคมี สมบัติทางกายภาพและการทดสอบคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส

2.3.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000).

2.3.2 วิเคราะห์หาปริมาณการพองตัวของข้าวเกรียบใช้ค่าเฉลี่ยจากข้าวเกรียบจำนวน 5 แผ่น โดยวิธี ค่าความหนาแน่น

2.3.3 วิเคราะห์สี โดยเครื่อง Hunter Lab ด้วยระบบ L* a* และ b*

2.3.4 วิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเครื่อง Texture analyzer ใช้หัวกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร ความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และแรง 0-500 นิวตัน ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ดัดแปลงวิธีจาก Suriya et al. (2011)

2.3.5 คุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic 9-points scale ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน



2.4 การพัฒนารสชาติของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปู

เลือกสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 2 เลือก มาทำการปรับปรุงรสชาติ 2 รสชาติ ดังตารางที่ 1 (Table 1.) ดัดแปลงวิธีจาก Suriya et al. (2011)

Table 1. The ingredients of Tom Yum seasoning and Laab seasoning recipes

Tom Yum seasoning (recipe 1)		Laab seasoning (recipe 2)	
ingredient	Quantity (grams)	ingredient	Quantity (grams)
water	53	water	50
sugar	40	sugar	20
Finely chopped lemongrass	15	fish sauce	10
chili paste	13	sliced shallots	15
chopped fresh chilies	1	cayenne pepper	5
chopped galangal	2	roasted rice	10
chopped coriander	3	chopped spring onions	5
chopped kaffir lime leaves	2	chopped coriander	3
		chopped mint leaves	5

นำน้ำปรุงรสรสชาติต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 (Table 1.) ไปผสมกับแป้งโดยใช้น้ำปรุงรสแทนน้ำ ทำการปรับระดับความเข้มข้นของรสชาติแต่ละสูตร ร้อยละ 10 20 และ 30 จากนั้นนำไปอบให้แห้งจนผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมีความชื้นประมาณร้อยละ 6-7 จึงนำมาทอดในน้ำมันพืช อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 3-4 วินาที จากนั้นวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-points hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คน

การวิเคราะห์ข้อมูลทำการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ ซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยวางแผนทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก (Randomized complete block design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการวิจัย

การพิจารณาสูตรที่เหมาะสมของมันปูต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนา นำส่วนของมันปูนาที่ได้ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน ดังนี้ 20:80 25:75 40:60 และ 50:50 น้ำหนักต่อน้ำหนัก นำแต่ละอัตราส่วนไปนึ่งให้สุก และนำมาหั่นเป็นแผ่นหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียส นาน 3-4 วินาที แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าความชื้นและอัตราการพองตัว ดังตารางที่ 2 (Table 2.)

Table 2. The moisture content and the rate of expansion of Crab rice cracker product

Sample	Ratio	Moisture (%d.b)	expansion rate
Crab fat	20:80	8.31±0.56d	88.06±0.67a
	25:75	9.78±0.21cd	91.89±0.39a
	40:60	12.07±0.24bc	86.21±0.41b
	50:50	12.64±0.45ab	79.66±0.45c
Ratio of field crab fat and finely ground field	20:80	8.72±0.45d	81.41±0.74a
	25:75	9.98±0.33cd	80.77±0.70a
	40:60	12.89±0.65a	79.11±0.71c
	50:50	12.81±0.80a	73.31±0.75d

Note; a, b, c, d show statistically significant differences ($p \leq 0.05$) of vertical data. Report data with average $\pm$ Standard deviation

จากตารางที่ 2 (Table 2.) พบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมของน้ำมันปูนาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปูนาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ขณะที่อัตราการพองตัวลดลง และส่วนของการใช้น้ำมันปูนาพร้อมกับตัวของปูนาบดละเอียดเพื่อผสมกับแป้งมันสำปะหลัง นำมาขึ้นรูปเป็นข้าวเกรียบ และนำมาทอด พบว่ามีความชื้นเพิ่มขึ้น และมีอัตราการพองตัวที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการศึกษาของ Wongkraisithong & Niyomvit (2010) ได้ศึกษาทดลองผลิตข้าวเกรียบโดยใช้เครื่องรีดแผ่นพบว่า ข้าวเกรียบที่มีปริมาณความชื้นต่ำจะมีอัตราการพองตัวสูง เมื่อข้าวเกรียบมีความชื้นสูงการพองตัวมีน้อย เนื่องจากเมื่อใส่ข้าวเกรียบในน้ำมันร้อน ส่วนของข้าวเกรียบที่สัมผัสน้ำมันไม่สามารถเกาะแข็งที่ผิวได้เนื่องจากความชื้นสูงเกินไป ไอน้ำที่เกิดขึ้นจึงนี้ไปทางใดทางหนึ่งมีผลให้การพองตัวของข้าวเกรียบไม่เท่ากัน ความชื้นน้อยทำให้เกิดแรงดันมาก การพองตัวเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Luh (1980) และ Huda et al. (2010) ซึ่งการเพิ่มปริมาณน้ำมันปูนาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจะส่งผลให้การพองตัวลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tantasuttikul & Samuankid (2014) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาปรุงรส แล้วพบว่าปริมาณเนื้อปลาเพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นของข้าวเกรียบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Luh (1980) และ Huda et al. (2010) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจะส่งผลให้การพองตัวลดลงเช่นกัน



Figure 1. Crab rice cracker

จากตารางที่ 3 (Table 3.) แสดงค่าสีของข้าวเกรียบจากปริมาณของน้ำมันปูนาที่ได้จากปูนา และสูตรที่มีการใช้น้ำมันปูนาพร้อมกับส่วนผสมของตัวปูนาบดละเอียดที่อัตราส่วนที่ต่างกันพบว่าในอัตราส่วนผสมของแป้งที่ระดับต่าง ๆ พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของข้าวเกรียบจากน้ำมันปูนาในทุกอัตราส่วนผสมของน้ำมันปูนาต่อแป้งมันสำปะหลัง และข้าวเกรียบปูนาที่อัตราส่วนผสมน้ำมันปูนาต่อแป้ง 20:80 และ 25:75 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ส่วนข้าวเกรียบจากปูนาที่อัตราส่วนผสมน้ำมันปูนาต่อแป้ง 40:60



และ 50:50 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อไขมันเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ค่าสีเหลือง/สีน้ำเงิน (b^*) ของข้าวเกรียบมันปูนาเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนของมันปูนาเพิ่มขึ้น จึงทำให้แผ่นข้าวเกรียบมีสีเหลือง โดยที่อัตราส่วนผสมของมันปูนาที่ได้จากปูนาต่อแป้ง 20 :80 กับ 25 :75 และ 30 :70 กับ 50 :50 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

Table 3. Color of Crab rice cracker product

Sample	Ratio	L*	a*	b*
Crab fat	20:80	70.71±0.60a	-0.65±0.54b	8.76±0.57b
	25:75	69.88±1.21a	-0.97±0.67b	9.69±0.39b
	40:60	67.87±1.24c	-0.59±0.69ab	16.14±1.61a
	50:50	67.04±1.15c	-0.22±0.62a	15.96±1.45a
Ratio of field crab fat and finely ground field	20:80	69.72±0.85a	-0.31±0.60ab	11.91±1.14b
	25:75	68.98±0.83a	-0.09±0.60a	16.74±0.25a
	40:60	66.89±0.95b	-0.61±0.51b	15.89±0.21ab
	50:50	64.01±0.92c	-0.39±0.60ab	16.67±1.05a

Note; a, b, c, d show statistically significant differences ($p \leq 0.05$) of vertical data. Report data with average± Standard deviation

เมื่อนำข้าวเกรียบจากมันปูนาเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการใช้มันปูนาพร้อมกับตัวของปูนาบดละเอียด เมื่อทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ผลการทดลองดังตารางที่ 4 (Table 4.) พบว่า ข้าวเกรียบจากที่เติมมันปูนาที่มีอัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้ง ทุกอัตราส่วนมีลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ที่อัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้ง 50:50 มีความแตกต่างจากอัตราส่วนผสม 25:75 และ 40:60 ขณะที่ข้าวเกรียบควบคุมที่มีอัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้งมันสำปะหลัง ทุกอัตราส่วนมีลักษณะกลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งข้าวเกรียบปูนาเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (20:80) มีคะแนนเฉลี่ยความชอบมากที่สุด คืออัตราส่วนผสมมันปูนาจากปูนาต่อแป้ง 50:50 เมื่อนำข้าวเกรียบปูนาที่มีอัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้งที่อัตราส่วนต่าง ๆ มาทดสอบเนื้อสัมผัส พบว่ามีค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความกรอบ (Fracturability) ดังตารางที่ 5 (Table 5.) ข้าวเกรียบปูนา พบว่าที่อัตราส่วนผสม 25:75 มีค่าความแข็งมากที่สุด ส่งผลให้คะแนนความชอบดังตารางที่ 4 (Table 4.) มีค่าน้อยที่สุดเช่นกัน ขณะที่ข้าวเกรียบมันปูมีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันทุกอัตราส่วนผสม โดยอัตราส่วน 20:80 มีค่าความแข็งมากที่สุด แต่ค่าความกรอบมีความแตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบมันปูนาที่อัตราส่วน 50:50 มีค่าความกรอบมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น ๆ ที่มีการใช้มันปูนา และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุด ดังตารางที่ 4 (Table 4.) เช่นเดียวกับข้าวเกรียบมันปูนาพร้อมกับตัวของปูนาบดละเอียด

การพัฒนารสชาติของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันปูนา ที่มีอัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้ง 50:50 น้ำหนักต่อน้ำหนัก ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุดดังตารางที่ 4 (Table 4.) มาผสมเครื่องปรุงรสต้มยำและรสลาบในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อทดสอบความชอบของผู้ทดสอบ แสดงดังตารางที่ 6 (Table 6.) และตารางที่ 7 (Table 7.)



Table 4. Sensory evaluations of Crab rice cracker product

Sample	Ratio	Appearance	Color	Order	Taste	Texture	Overall acceptance
crab fat	20:80	6.46±0.10a	6.28±0.80a	6.08±0.11a	6.23±0.54ab	6.55±0.54ab	6.79±0.17ab
	25:75	6.52±0.12a	6.38±1.01a	6.43±0.19a	5.81±0.67b	5.19±0.87c	6.19±0.59b
	40:60	6.45±0.16a	6.87±1.09a	6.38±0.15a	5.79±0.69b	6.17±0.51b	6.23±0.63b
	50:50	6.94±0.12a	6.94±1.05a	6.45±0.18a	6.64±0.69a	7.04±0.64a	6.89±0.51a
Ratio of field	20:80	5.49±0.10b	5.66±1.04a	5.89±0.95a	5.72±1.11a	5.55±1.14a	5.79±1.17a
crab fat and finely ground field	25:75	5.69±0.16ab	5.91±1.07ab	6.09±0.98a	6.11±1.17a	5.92±1.15a	6.09±1.19a
	40:60	6.34±0.10a	6.69±1.10a	5.97±1.02a	5.69±1.19a	5.67±1.14a	6.03±1.13a
	50:50	6.60±0.11a	6.75±1.05a	6.05±1.04a	5.94±1.13a	5.94±1.14a	6.29±1.51a

Note; a, b, c, d show statistically significant differences ($p \leq 0.05$) of vertical data. Report data with average $\pm$ Standard deviation

Table 5. Shown Hardness value and Fracturability value of Crab rice cracker product.

Sample	Ratio	Hardness (grams)	Fracturability (grams)
crab fat	20:80	1,450.76±13.25c	849.71±65.49d
	25:75	2,045.49±19.21b	1,078.03±45.69c
	40:60	2,170.09±31.27b	1,056.28±69.07c
	50:50	1,411.55±28.15c	611.41±60.45e
Ratio of field crab fat and finely ground field	20:80	3,349.23±85.01a	1,667.54±60.51c
	25:75	2,789.33±83.11a	1,2793.78±60.90b
	40:60	3,189.67±95.09a	1,587.56±51.90a
	50:50	2,908.42±91.23b	989.95±60.78d

Note; a, b, c, d show statistically significant differences ($p \leq 0.05$) of vertical data. Report data with average $\pm$ Standard deviation

จากตารางที่ 6 (Table 6.) พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบข้าวเกรียบปูนาปรุงรสต้มยำและรสลาบที่ผสมด้วยอัตราส่วนร้อยละ 30 มากที่สุด โดยข้าวเกรียบปูนาปรุงรสต้มยำมีลักษณะของกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 ขณะที่ลักษณะปรากฏและสีไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนข้าวเกรียบปูนาปรุงรสลาบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



Table 6. Sensory evaluations of Crab rice cracker flavoring product.

Sample	Ratio	Appearance	Color	Order	Taste	Texture	Overall acceptance
Tom Yum seasoning	10	5.10±0.10a	5.08±0.80a	5.18±0.11b	4.73±0.23b	4.75±0.54b	5.29±0.17b
	20	5.50±0.12a	5.19±1.01a	5.23±0.19b	5.41±0.67b	6.39±0.87a	5.87±0.59b
	30	5.43±0.16a	5.27±1.09a	5.38±0.15a	6.69±0.69a	6.57±0.51a	6.78±0.63a
Laab seasoning	10	4.46±0.10a	5.38±0.80c	5.08±0.11b	4.63±0.54c	4.55±0.54c	4.79±0.17c
	20	6.05±0.12b	6.18±0.40b	5.43±0.19b	5.81±0.67b	5.59±0.87b	5.85±0.59b
	30	6.63±0.16a	6.89±1.09a	6.18±0.15a	6.79±0.69a	6.97±0.51a	7.13±0.63a

Note; a, b, c, d show statistically significant differences ($p \leq 0.05$) of vertical data. Report data with average $\pm$ Standard deviation

4. อภิปรายผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาสูตรที่เหมาะสมของมันปูต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนา นำส่วนของมันปูนาที่ได้ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน ดังนี้ 20:80 25:75 40:60 และ 50:50 น้ำหนักต่อน้ำหนัก เมื่อนำมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 180–200 องศาเซลเซียส นาน 3-4 วินาที ข้าวเกรียบมีความขึ้นสูง จะส่งผลต่ออัตราการพองตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนของข้าวเกรียบที่สัมผัสน้ำมันไม่สามารถเกาะแข็งที่ผิวได้เนื่องจากความขึ้นสูงเกินไปจนน้ำที่เกิดขึ้นจึงนี้ไปทางใดทางหนึ่ง มีผลให้การพองตัวของข้าวเกรียบไม่เท่ากัน ความขึ้นน้อย ทำให้เกิดแรงดันมาก การพองตัวจึงมากขึ้นเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Huda et al. (2010) และงานวิจัยของ SukJuntra & Tayeh (2017) พบว่าการเพิ่มปริมาณมันปูนาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ จะส่งผลให้การพองตัวลดลงเช่นกัน สำหรับค่าสีของข้าวเกรียบปูนาที่อัตราส่วนผสมของแป้งที่ระดับต่าง ๆ อัตราส่วนผสมของมันปูนาที่ได้จากปูนาต่อแป้ง 20:80 กับ 25:75 และ 30 :70 กับ 50:50 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ข้าวเกรียบปูนาอัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้ง 25:75 40:60 และ 50:50 ไม่มีความแตกต่างกันข้าวเกรียบมันปูนาจะมีสีเหลือง และนอกจากนี้ยังพบว่า ความร้อนจากการทอดข้าวเกรียบที่อุณหภูมิ 170-180 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อฟักทอง เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์โดยมีความร้อนช่วยเร่งปฏิกิริยา

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบร่วน นั้นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนาจากอัตราส่วนระหว่างมันปูนา และแป้งมันสำปะหลัง และสูตรที่มีการใช้มันปูนาร่วมกับตัวปูนา ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง พบว่าอัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้ง 50:50 มีความแตกต่างจากอัตราส่วนผสม 25:75 และ 40:60 ขณะที่ข้าวเกรียบที่อัตราส่วนเท่ากับ 20:80 (สูตรควบคุม) ทุกอัตราส่วนมีลักษณะกลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบร่วน ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งข้าวเกรียบปูนาเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนเท่ากับ 20:80 (สูตรควบคุม) มีคะแนนเฉลี่ยความชอบมากที่สุด คือ อัตราส่วนผสมมันปูนาจากปูนาต่อแป้ง 50:50 เมื่อนำข้าวเกรียบปูนาที่มีอัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้งที่อัตราส่วนต่าง ๆ มาทดสอบเนื้อสัมผัส พบว่า มีค่าความแข็ง และค่าความกรอบขณะที่ข้าวเกรียบมันปูมีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันทุกอัตราส่วนผสมโดยอัตราส่วน 20:80 มีค่าความแข็งมากที่สุด แต่ค่าความกรอบมีความแตกต่างกันโดยอัตราส่วน 50:50 มีค่าความกรอบมากที่สุด และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุด เช่นเดียวกับงานวิจัย SukJuntra & Tayeh (2017) ที่พบว่าค่า Hardness สูงสุด ในขณะที่อัตราส่วนเท่ากับ 89:11 มีค่า Crispness สูงสุด เนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบเป็นผลจากการขยายตัวของโครงสร้างแผ่นข้าวเกรียบ การใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม ของข้าวเกรียบในปริมาณสูงกว่าส่งผลให้มีปริมาณแอมิโลสสูง และทำให้แผ่นข้าวเกรียบที่มีโครงสร้างแข็งเพิ่มขึ้น และการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสม ของข้าวเกรียบในปริมาณสูงกว่าส่งผลให้มีปริมาณแอมิโลสสูง และทำให้แผ่นข้าวเกรียบที่มีโครงสร้างแข็ง อนึ่งคุณลักษณะที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคคือความกรอบแข็ง ซึ่งต้องมีทั้งความแข็ง และความกรอบที่พอเหมาะ



จึงจะทำให้ผู้บริโภคยอมรับ และเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ (The Department of Science Service, 2011)

การพัฒนารสชาติของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันปูนาจากนั้นนำข้าวเกรียบมันปูนาที่มีอัตราส่วนผสมมันปูนาต่อแป้ง 50 : 50 น้ำหนักต่อน้ำหนัก ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบข้าวเกรียบปูนาปรุงรสต้มยำและรสลาบที่ผสมด้วยอัตราส่วนร้อยละ 30 มากที่สุดส่วนข้าวเกรียบปูนาปรุงรสลาบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปูนาปรุงรส พบว่าอัตราส่วนระหว่างมันปูนา : แป้งมันสำปะหลัง และสูตรที่อัตราส่วนระหว่างมันปูนาพร้อมกับตัวปูนาบดละเอียด : แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนเท่ากับ 20:80 (สูตรควบคุม) 25:75 40:60 และ 50:50 น้ำหนักต่อน้ำหนัก พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของมันปูนาในสูตรข้าวเกรียบ ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราการพองตัวลดลง ค่าสีเหลือง (b^*) มีค่ามากกว่าข้าวเกรียบสูตรควบคุมที่อัตราส่วน 20:80 มีค่าความแข็งมากที่สุด ที่อัตราส่วน 25:75 มีค่าความกรอบมากที่สุดข้าวเกรียบมันปูนาที่อัตราส่วน 25:75 มีค่าความแข็งและค่าความกรอบมากที่สุด ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ที่อัตราส่วน 50:50 มากที่สุด ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบข้าวเกรียบจากมันปูนาที่ผสมเครื่องปรุงรสต้มยำ และรสลาบร้อยละ 30 มากที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากทุน Fundamental Fund ประเภท Basic Research Fund ปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ และสาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- Association of official analytical chemists (AOAC). (2000). Official methods of analysis. 16th edition. Washington, DC.: Association of Official Analytical Chemist.
- Huda, N., Leng, LL., Yee, CX., et al. (2010). Chemical composition, colour and linear expansion properties of Malaysian commercial fish cracker (keropok). Asian Journal of Food and Agro-Industr, 3(5), 473-482.
- Kaeokhumkhong, N., Lekdee, M., Khieokaew, J., et al. (2019). OTOP Guideline in Upgrading Product Processing Field Crab for OTOP Standard. 11th National Academic Conference (pp. 764-773). Nakhon Pathom: Nakhon Pathom Rajabhat University. (in Thai)
- Kongngarm, N. (2022). Puna (Rice-field Crab) and way of life - food security – economy [Online]. Retrieved November 29, 2023, from: <https://www.nstda.or.th/nac/2022/seminar/rice-field-crab-and-way-of-life-food-security-economy/> (in Thai)
- Luh, BS. (1980). Rice production and utilization. Westport: AVI Publishing Company.
- Pintasiri, T., & Promya, J. (2019). Effects of *Arthrospira platensis* Supplemented Diets on Growth Performance of Rice-Fild Carbs (*Sayamia bangkokensis*). Khon Kaen Agriculture Journal, 47(SUPPL.2), 7-14. (in Thai)
- SukJuntra, J., & Tayeh, N. (2017). The Development Fish Cracker from Surimi Supplement with Pumpkin. Yala: Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University. (in Thai)



- Suriya, P., Thamaragsa, N., Kaewtein, S., et al. (2011). Product development of Burma bean chip. Proceedings of the 2nd MJU-Phrae national research conference (pp. 276-283). Phrae: Maejo University Phrae Campus. (in Thai)
- Tantasuttikul, A., & Samuankid, N. (2014). Development of Seasoning Fish Cracker. Rajabhat Agriculture Journal, 13(1), 71-79. (in Thai)
- The Department of Science Service. (2011). Community product standards: crackers [Online]. Retrieved November 29, 2023, from: [http://otop.dss.go.th/attachments/article/162/CF84%20\(E1\).pdf](http://otop.dss.go.th/attachments/article/162/CF84%20(E1).pdf) (In Thai)
- Wongkraisithong, P., & Niyomvit, N. (2010). The Use of Double Rollers for Fish Cracker Production. Proceedings of Kasetsart University 5th annual conference (pp. 57-74). Bangkok: Kasetsart University. (In Thai)



การศึกษาผลของแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต
ของข้าวเหนียวดำในพื้นที่ป่าเปิดใหม่

Study of the Effect of Azolla on the Growth and Yield of Black Glutinous Rice
in Newly Cleared Forest Areas

วิมลศิริ สีหะวงษ์^{1*} สุวิจักขณ์ อรุณลักษณ์² และ สายัณห์ สืบผาง¹

Wimonsiri Sehawong^{1*} Suvichark Aroonluk² and Sayan Subepang¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร

¹Division of Agricultural Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket Province

²Program in Agriculture, Faculty of Agriculture and life Sciences, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok

*Corresponding Author: wimonsirisehawong@gmail.com

Received: November 9, 2023

Revised: February 28, 2024

Accepted: March 1, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยพืชสดแหนแดง ต่อการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวดำในสภาพดินกรดเนื่องจากการเปิดป่าใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของข้าวเหนียวดำควบคู่กับการพัฒนาดินจากการเลี้ยงแหนแดง โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) ได้แก่ พันธุ์ปลูกข้าวเหนียวดำและกรรมวิธีจำนวน 3 ซ้ำ ผลของการทดลองพบว่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ผลผลิต น้ำหนักเมล็ด (1,000 เมล็ด) ความสูง จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนเมล็ดดี ในกรรมวิธีปลูกข้าวควบคู่กับการเลี้ยงแหนแดงให้ผลดีกว่าการไม่เลี้ยงแหนแดง แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนั้นพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุในการเลี้ยงแหนแดงและไม่เลี้ยงแหนแดงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 และ 1.60 ตามลำดับ โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของการเลี้ยงแหนแดงสูงกว่าการไม่เลี้ยงแหนแดงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนพันธุ์ปลูกข้าวเหนียวดำ 2 พันธุ์ปลูกคือ ข้าวเหนียวลิ้มฝัวและข้าวเหนียวดำกัญญา พบว่าข้าวเหนียวดำกัญญามีความสูง จำนวนช่อดอกต่อต้น และผลผลิตสูงกว่าข้าวเหนียวลิ้มฝัว

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวดำ แหนแดง ผลผลิต

Abstract

Study of the results of add azolla green manure to plants. on the growth of black glutinous rice in acidic soil conditions due to the opening of new forests. The experiment was designed using 2x2 Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD). The two factors were varieties and treatments with 3 replicates. The results showed that soil pH, yield, seed weight of 1,000 seeds, height, number of spikelet per plant and filled grain in the process of growing rice along with raising azolla, yielded better results than no raising azolla. But there were no statistical differences ($p>0.05$). In addition, It was found that the average organic matter content of azolla and non-azolla culture were 2.30 and 1.60, respectively. Soil organic matter content of azolla culture was significantly higher than that of no azolla culture ($p<0.05$). If was found that



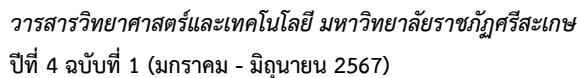
Kam Kanya rice showed a high number of spikelets per plant and the yield was significantly higher than that of Lum Pua rice ($p < 0.05$).

Keywords: Black Glutinous Rice, Azolla, Yield

1. บทนำ

ข้าวเหนียวดำหรือภาษาพื้นเมืองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือคือ “ข้าวเหนียวดำ” เป็นการเรียกตามลักษณะสีของเมล็ดที่มีสีแดงเข้ม หรือ “แดงกำ” ข้าวเหนียวดำหรือข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำเป็นข้าวพื้นเมืองของประเทศไทยมีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากข้าวทั่วไปโดยพบสีม่วงปรากฏบนส่วนต่าง ๆ เช่น แผ่นใบ กาบใบ เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด (Karadee and Sansanee, 2000) ซึ่งแรงควัตถุสีม่วงที่ปรากฏ คือ สารประกอบในกลุ่มของแอนโทไซยานิน โดยแอนโทไซยานินมีฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์มะเร็งเช่น มะเร็งเต้านม (Chen et al., 2015) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคสำคัญอีกหลายชนิด (Cheng and Jackson, 1957) ปัญหาที่เกษตรกรเผชิญตลอดมาในการปลูกข้าวคือปัญหาราคาปุ๋ยเคมีมีราคาสูง แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในการปลูกเพราะคุ้นเคยกับการทำนาหว่านที่ใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำแต่ต้นทุนการผลิตสูง มีรายงานค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินบอกค่าเป็นตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 14 ถ้าดินมีความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 7 แสดงว่าดินนั้นเป็นดินกรด ยิ่งมีค่าน้อยกว่า 7 มาก ก็จะเป็นกรดมาก แต่ถ้าดินมีความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7 จะเป็นดินด่าง สำหรับดินที่มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 พอดี แสดงว่าดินเป็นกลาง แต่โดยปกติแล้วความเป็นกรด-ด่างของดินทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 5 ถึง 8 การนำปุ๋ยอินทรีย์มาใช้ในกระบวนการผลิตข้าวยังมีน้อย ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์เป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มธาตุอาหารในกระบวนการผลิตข้าวอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ได้จากซากพืช ซากสัตว์ เศษเหลือสารอินทรีย์ต่าง ๆ เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยกระบวนการของจุลินทรีย์ก่อน ปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยหมักชนิดต่าง ๆ แหนแดง (azolla) เป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในรูปแบบของปุ๋ยพืชสด เนื่องจากมีไนโตรเจนสูง เพิ่มจำนวนเร็วในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตแหนแดงสด 3 ตันต่อไร่ ใน 30 วัน และสามารถตรึงไนโตรเจนได้ถึง 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสัดส่วน C/N ต่ำ จึงถูกย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชใช้ได้เร็ว การใช้แหนแดงส่งผลให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มร้อยละ 5-42 เมื่อเปรียบเทียบกับอินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic nitrogen) ซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 18-36 แต่มูลชีวภาพไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Kewsuralikit and Tongraar, 2010) การใช้แหนแดง 3 ตันต่อไร่ ทำให้ดินปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดีกว่าดินที่ไม่มีแหนแดง อย่างไรก็ตามการใช้แหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดยังไม่เป็นที่แพร่หลายในประเทศไทย

แหนแดง (*Azolla microphylla* Kaulf.) เป็นเฟิร์นน้ำชนิดหนึ่ง ใบของแหนแดงประกอบด้วยใบส่วนบนสีเขียวและใบส่วนล่างโปร่งแสง ใบส่วนบนมีช่องว่างบริเวณกลางใบเป็นที่อาศัยของไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) ชื่อว่า *Anabaena azollae* ซึ่งไซยาโนแบคทีเรียชนิดนี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (Chen et al., 2015) มีการศึกษาเกี่ยวกับการเลี้ยงแหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวหนึ่งชุด โดยวิธีเลี้ยงขยายแหนแดงแล้วไถกลบก่อนปักดำ หรือวิธีเลี้ยงขยายแหนแดงในนาข้าวพร้อมกับการปักดำ แล้วไถกลบแหนแดงหลังจากปักดำแล้ว 20 วัน และการปล่อยให้แหนแดงเน่าสลายเป็นปุ๋ยแก่ต้นข้าวเอง ทั้งสามวิธีดังกล่าวให้ผลใกล้เคียงกันและสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวเหมือนกับการใส่ปุ๋ยเคมีประเภทไนโตรเจนในอัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพื้นที่ทำการทดลองเป็นสภาพของดินป่าเต็งรัง โดยทั่วไปจะมีลักษณะของดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ หน้าดินจะตื้น มีความลึกของดินชั้น A จะอยู่ระหว่าง 3 - 8 เซนติเมตร ดินส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นดินปนกรวด ดินร่วนปนทราย และลูกรังสีแดง จะมีปริมาณเนื้อดินบางส่วนจะเกาะตัวกันแน่น (Cheng and Jackson, 1957) ที่อาจมีอินทรีย์วัตถุอยู่หากมีการเพิ่มปุ๋ยเพื่อปรับสภาพอาจทำให้พื้นที่ดังกล่าวเหมาะต่อการเพาะปลูกข้าว ด้วยเหตุผล



2. วิธีดำเนินการวิจัย

ทดลองปลูกข้าวที่แหล่งเรียนรู้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ อำเภอเมือง
จังหวัดศรีสะเกษ

การวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วยระดับของปัจจัยที่แตกต่างกันดังนี้

ปัจจัยที่ 2 การเปลี่ยนแปลงในแปลงนา ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในแปลงนาและไม่เปลี่ยนแปลงในแปลงนา

ขนาดแปลง 10x4 ตารางเมตร จำนวน 3 ขั้ว จำนวน 12 ชุดทดลอง ในการเก็บตัวอย่างดินและพื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวของแต่ละแปลงกำหนดพื้นที่ขนาด 1x1 ตารางเมตร

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวลิ้มผัวและข้าวเหนียวดำกัญญาที่คัดเลือกมาเพาะกล้าเป็นเวลา 25 วัน นำไปปักดำในแปลงทดลองที่เตรียมแปลงแบบนาตม ระยะปักดำ 25×25 เซนติเมตร ก่อนทำการปักดำข้าวใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในช่วงเตรียมดิน ระหว่างการทดลองใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งแรก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หลังปักดำ 20 วัน ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในช่วงระยะข้าวตั้งท้อง หลังปักดำต้นกล้าแล้วควรระดับน้ำไว้ในแปลงทดลองให้มีความลึกของน้ำไม่ต่ำกว่า 3 เซนติเมตร

ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างแห่นแดง (*Azolla microphylla* Kaulf.) จากศูนย์พัฒนาการเกษตรภูสิงห์อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอกุสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ หลังจากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตของแห่นแดงสด ในบ่อซีเมนต์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร จำนวน 24 บ่อ และอ่างไนลอนผสมปูนซีเมนต์ขนาด 220 ลิตร จำนวน 6 บ่อ เมื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตของแห่นแดงสดได้เพียงพอนำไปปล่อยในแปลงนาหลังจากปักดำต้นกล้าข้าว 14 วัน อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่

สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดลองการปลูกข้าวภายในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่กำหนดขอบเขตไว้แล้วของแต่ละแปลงปลูกเพื่อใช้เก็บข้อมูล โดยทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยของการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ทำ Composite sample รวมเป็น 1 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม โดยส่งตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกไปตรวจวิเคราะห์ที่สำนักงานพัฒนาที่ดินจังหวัดศรีสะเกษ เพื่อตรวจปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และความเป็นกรด-ด่าง

เก็บตัวอย่างและตรวจวัดการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ด้วยการวัดดัชนีดังต่อไปนี้ คือ ความสูงของต้นข้าว ผลผลิตข้าว (จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนรวงต่อกอ และจำนวนเมล็ดต่อรวงในพื้นที่ 1 ตารางเมตร) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความสูงความสูงของต้นข้าว โดยสุ่มวัดความสูง 10 ต้น และทำการวัดความสูงของต้นข้าว (เซนติเมตร) จากระดับผิวดินถึงปลายสัดของใบ



การเก็บผลผลิตข้าว โดยทำการเก็บเกี่ยวตัวอย่างข้าวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่กำหนดไว้ ทำการเก็บข้อมูลองค์ประกอบของผลผลิต (yield components) ได้แก่ จำนวนเมล็ดต่อนรวง จำนวนรวงต่อกอ และจำนวนเมล็ดต่อนรวงในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินตามวิธีการของ (Watanabe et al., 1981) เป็นวิธีที่เรียกว่า wet oxidation โดยการ oxidized คาร์บอนให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย $K_2Cr_2O_7$ และ H_2SO_4 แล้ววัดปริมาณ $Cr_2O_7^{2-}$ ที่เหลือโดยการไทเทรตกับ reducing agent

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง โดยวิธี P-fractions (Cheng and Jackson, 1957) โดยนำดินมาสกัดครั้งแรกเพื่อหา P-solutions โดยใช้ 1 M NH_4Cl เป็นตัวสกัด จากนั้นสกัดส่วน Al-P โดยใช้ 0.5 M NH_4F (pH 8.2) เป็นตัวสกัด ส่วนต่อมา Fe-P ใช้ 0.1 M NaOH เป็นตัวสกัด ในส่วน P-reductant จะใช้ 0.3 M $Na_3C_6H_5O_7$ และ 1 M $NaHCO_3$ เป็นตัวสกัด ในส่วนสุดท้ายจะสกัดหา Ca-P โดยใช้ 0.25 M H_2SO_4 เมื่อทำการสกัดจนครบจึงนำมาทำให้เกิดสีโดยวิธีโมลิบดีนัมบลู (Molybdenum blue method) โดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นตัวรีดิวซ์ แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Visible spectrophotometer)

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $n=3$ จำนวน 12 ชุดทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ของข้อมูลแต่ละลักษณะตามแผนการทดลอง Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Duncan โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS Version 12.0

3. ผลการวิจัย

3.1 จำนวนเมล็ดต่อนรวง และจำนวนเมล็ดต่อต้น

จากการสุ่มนับเมล็ดต่อนรวงพบว่า จำนวนเมล็ดต่อนรวงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธีการปลูกข้าวที่มีการเลี้ยงเหนงแดงและไม่เลี้ยงเหนงแดงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 96.50 และ 96.33 ตามลำดับ สำหรับจำนวนเมล็ดหรือช่อดอกต่อต้นพบว่าวิธีการปลูกข้าวควบคู่กับการเลี้ยงเหนงแดงและไม่เลี้ยงเหนงแดงมีจำนวนช่อดอกไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนช่อดอกเท่ากับ 106.67 และ 104.67 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวดำพบว่าจำนวนช่อดอกต่อต้นของข้าวเหนียวดำกัญญามีจำนวนเท่ากับ 112.33 และข้าวเหนียวลิ้มฝั้วมีจำนวนช่อดอกเท่ากับ 99 โดยข้าวเหนียวดำกัญญามีจำนวนช่อดอกต่อต้นมากกว่าพันธุ์ข้าวเหนียวลิ้มฝั้วอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

3.2 น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด และผลผลิต

การปลูกข้าวควบคู่กับการเลี้ยงเหนงแดงและไม่เลี้ยงเหนงแดงมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวดำพบว่าข้าวเหนียวลิ้มฝั้วมีน้ำหนักเมล็ดและผลผลิตน้อยกว่าข้าวเหนียวดำกัญญา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 356.50 และ 414.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

3.3 ความสูง

ความสูงในวิธีการปลูกข้าวควบคู่กับการเลี้ยงเหนงแดงและไม่เลี้ยงเหนงแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดัง Table 1 แต่พันธุ์ข้าวเหนียวดำกัญญามีความสูงมากกว่าข้าวเหนียวลิ้มฝั้วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าข้าวเหนียวดำกัญญามีความสูงเฉลี่ย 155.00 เซนติเมตร และข้าวเหนียวลิ้มฝั้วมีความสูงเฉลี่ย 82.00 เซนติเมตร

Table 1. Yield parameters in rice production by different treatments and varieties.

Observe	Filled grains (%)	1,000 grain weight (g)	Yield (kg/rai)	Number of plants and tillering	Observe
Treatments (T)					
with azolla	96.50	24.17	387.50	106.67	118.83
no azolla	96.33	23.00	383.00	104.67	118.17
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns
Variety (V)					
Leum Pua	94.67	22.50	356.50 ^b	99.00 ^b	82.00 ^b
Kum Kanya	98.17	24.67	414.00 ^a	112.33 ^a	155.00 ^a
F-Test	ns	ns	*	*	*
T x V	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.40	7.06	10.21	5.77	3.58

Note: a, b Means with different superscripts in row are significantly different ($p < 0.05$).

3.4 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบในดินของวิธีการปลูกข้าวควบคู่กับการเลี้ยงแหนแดงมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงกว่าไม่เลี้ยงแหนแดงควบคู่กับการปลูกข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 2) โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของการเลี้ยงแหนแดงและไม่เลี้ยงแหนแดงเท่ากับ 2.30 และ 1.60 ตามลำดับ (Table 2) นอกจากนั้นยังพบว่าก่อนการปลูกข้าวควบคู่กับการเลี้ยงแหนแดงมีค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งข้าวเหนียวดำพันธุ์ก่ำกัญญาและพันธุ์ลิ้มผั่ว (Table 3)

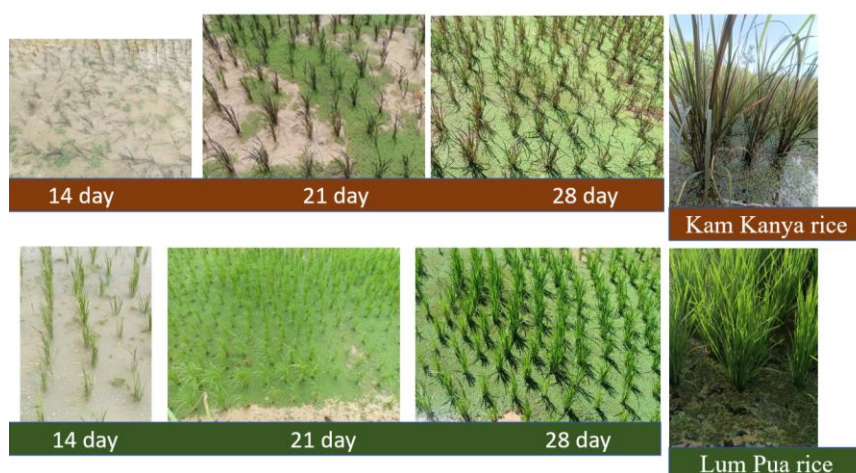


Figure 2. Effects of the growth of Azolla green manure (*Azolla microphylla* Kaulf.) and increasing the amount of organic matter in the area growing Kanya black glutinous rice and Luem Pua black glutinous rice.



3.5 ความเป็นกรด-ด่างของดิน

ความเป็นกรด-ด่างของดินพบว่า ค่าเฉลี่ยของกรด-ด่างของดินไม่แตกต่างกันมากระหว่างการปลูกข้าวควบคู่กับการเลี้ยงแหนแดงและไม่เลี้ยงแหนแดง ส่วนข้าวต่างพันธุ์กันพบว่าความเป็นกรด-ด่างของดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 2) โดยความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของดินก่อนการทดลองและหลังการทดลองอยู่ที่ 4.52 และ 4.90 ตามลำดับ ซึ่งความเป็นกรด-ด่างของดินยังอยู่ในช่วงกรดจัดมาก (very strongly acid)

Table 2. Comparison of soil pH and organic matter between pre-experiment and post-experiment

Treatments (T)	Organic matter (%)		pH	
	Pre-experiment	Post-experiment	Pre-experiment	Post-experiment
Biofertilizer				
Azolla (<i>A. microphylla</i>)	1.55	2.30 ^a	4.52	4.90
No azolla (<i>A. microphylla</i>)	1.52	1.60 ^b	4.62	5.10
F-Test	ns	**	ns	ns
Variety (V)				
Leum Pua	1.58	1.98	4.43	5.05
Kum Kanya	1.48	1.91	4.60	4.95
F-Test	Ns	ns	ns	ns
T x V	Ns	ns	ns	ns
CV (%)	9.16	8.19	6.99	5.26

Note: ^{a, b} Means with different superscripts in row are significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Compare organic matter between before and after the experiment.

Treatments (T)	Pre-experiment			Post-experiment		
	Leum Pua	Kum Kanya	Average	Leum Pua	Kum Kanya	Average
Azolla (<i>A. microphylla</i>)	1.56	1.53	1.55	2.37	2.23	2.30 ^a
No azolla (<i>A. microphylla</i>)	1.60	1.43	1.52	1.60	1.60	1.60 ^b
Average	1.58	1.48	1.53	1.98	1.91	1.95

Note: ^{a, b} Means with different superscripts in row are significantly different ($p<0.05$)

4. อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาผลของแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวดำในพื้นที่ป่าเปิดใหม่พบว่าไม่สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวได้ แต่สามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินได้สอดคล้องกับ Milicia (1992) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดมีบทบาทสำคัญในการรักษาคุณภาพของดินและเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และผลการศึกษาของ Milicia (1992) ยังรายงานว่าการใช้แหนแดงและปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ช่วยรักษาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้ Subedi and Shrestha



(2015) รายงานว่า แหนแดงสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินอย่างมีนัยสำคัญรวมถึงการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดินและเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินให้สูงขึ้น Kewsuralikit and Tongraar (2010) ได้รายงานว่าการใช้แหนแดงอัตรา 3 ตันต่อไร่ ในขณะที่ปลูกพืชทำให้ดินปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดีกว่าดินที่ไม่มีแหนแดง และทำให้ผลผลิตมะเขือเทศเชอร์รี่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Pansang and Kawkrom (2020) ได้รายงานว่าการใช้แหนแดงในปริมาณเท่ากับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในการปลูกมะเขือเทศพันธุ์ Mypeel244 ให้ผลผลิตและคุณภาพไม่แตกต่างกัน

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การปลูกข้าวควบคู่กับการเลี้ยงแหนแดงในสภาพดินกรดจัดมาก ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกข้าวโดยไม่เลี้ยงแหนแดง นอกจากนั้นยังมีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของดินทำให้ดินมีความเป็นกรด-ด่าง เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวมากขึ้น แต่ยังไม่เห็นผลในเชิงสถิติ ส่วนองค์ประกอบของผลผลิตพบว่า การเลี้ยงแหนแดงควบคู่กับการปลูกข้าวไม่มีผลต่อองค์ประกอบของผลผลิตและความสูง พันธุ์ของข้าวเหนียวดำพบว่า ข้าวเหนียวดำกัญญามีความสูงต้น ผลผลิตต่อปี และจำนวนช่อดอก มากกว่าข้าวเหนียวลิ้มผั่ว จึงเหมาะที่จะส่งเสริมเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวเหนียวดำให้ผลผลิตสูงในสภาพดินกรดจัดให้เลี้ยงแหนแดงควบคู่กับการปลูกข้าว จากการศึกษาผลของแหนแดงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวดำในพื้นที่ป่าเปิดใหม่ ในส่วนของความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของดินหลังการทดลองอยู่ที่ 4.90 ซึ่งความเป็นกรด-ด่างของดินยังอยู่ในช่วงกรดจัดมาก (very strongly acid) สืบเนื่องจากในการทดลองมีการใช้ปุ๋ยเคมี 46-0-0 และ 16-20-0 ที่มีแอมโมเนียมที่เป็นส่วนผสมส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนส่งผลให้เกิดกรดไนตริก ซึ่งส่งผลให้ระดับความเป็นกรดสูงขึ้นจากสภาพดินป่าเปิดใหม่ก่อนการทดลองเพิ่มความเป็นกรดมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โครงการพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียง สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Chen, XY., Zhou, J., Luo, LP., et al. (2015). Black rice anthocyanins suppress metastasis of breast cancer cells by targeting RAS/RAF/MAPK pathway. *BioMed Research International*, 2015, 1-11.
- Cheng, SC., & Jackson, ML. (1957). Fractionation of Soil Phosphorus. *Soil Sci*, 84, 133-144.
- Dranfield, JD. (1979). A manual of the rattans of the Malay Peninsula. Malaysia: Forest Department, Ministry of Primary Industries.
- Dumnin, K., & Sansanee, J. (2000). Complete research report on genetics, breeding and agricultural nutrition of black glutinous rice. Chiang Mai: Institute of Science and Technology Research and Development, Chiang Mai University. (in Thai)
- Khumnok, B. (1994). Influence of pH on the uptake of phosphate radicals in soils at high altitudes. Master of Science Thesis. Chiang Mai University. (in Thai)
- Li, SY. (1984). Azolla in the paddy fields of Eastern China. Manila: Organic Matter and Rice.
- Lumpkin, TA., & Plucknett, DL. (1982). Azolla as a Green Manure: Use and Management in Crop Production. Colorado: Westview Press.
- Milicia, F., (1992). Azolla symbiotic system's application as biofertilizer for green garden crops. *Symbiosis*, 14, 495-500.
- Siriluk, K., & Prapai, T. (2010). Study of the decomposition and release of nitrogen of Azolla in various soil conditions. Bangkok: Thailand. (in Thai)



- Siriluk, K., Prapai, T., Kanda, C., & Pasat, S. (2018). Effects of Azolla on the growth of Chinese kale. 17th National Horticultural Conference, November 19-21, 2018. Chiang Mai: Chiang Mai Grandview Hotel and Convention Center. (in Thai)
- Surangrat, P., & Pongpaka, K. (2020). Study of the amount of organic matter in the soil and riceberry yield using fresh Azolla and bio-organic fertilizer from Azolla. *Kaen Kaset*, 48(1), 1211-1226. (in Thai)
- Wichen, P. (1995). Techniques and use of soil-fertilizer-water. Surin: Faculty of Science and Technology, Surin Rajabhat University. (in Thai)
- Pranaso, S. (2010). Agricultural production factors. Bangkok: Department of Agriculture. (in Thai)
- Prayon. S. (1994). Utilization of Azolla as a biological fertilizer. Bangkok: Department of Agriculture. (in Thai)
- Singh, P. (1992). Biofertilizers for flooded rice ecosystem fertilizers organic manures, Recyclable Wastes and Biofertilizers. New Delhi: India.
- Subedi, P., & Shrestha, J. (2015). Improving soil fertility through Azolla application in low land rice: A review. *Azarian Journals*, 2(2), 35-39.
- Hui, C., Bin, Y., Xiaoping, Y., Long, Y., Chunye, C., Mantian, M., & Wenhua, L. (2010). Anticancer activities of an anthocyanin-rich extract from black rice against breast cancer cells in vitro and in vivo. *Nutrition and Cancer*, 62(8), 1128-1136.
- Watanabe, I., Ito, O., & Espinas, CR. (1981). Growth of azolla with rice and its effect on rice yield. *International Rice Research Newsletter*, 6(1), 22-23.
- Walkley, A., & Black I.A., (1934). An examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, 6(6), 29-38.
- Xu, JM., Tang, C., & Chen, ZL. (2006). Chemical composition controls residue decomposition in soils differing in initial pH. *Soil Biology & Biochemistry*. 38, 544-552.



การบำบัดน้ำเสียจากศูนย์อาหารโรงเรียนไกรภักดีวิทยาคมด้วยจุลินทรีย์ประสิทธิภาพอัดแท่ง Wastewater Treatment from Krai Phakdee Wittayakom School Food Court with Compressed Effective Microorganisms

ธีรนนท์ พินธุรัตน์¹ ศิริรัตน์ ทารักษ์¹ และ อภิญญา ไชยรา^{2*}

Thiranan Pinthurat¹ Sirirat Tharak¹ and Apinya Chaiyara^{2*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

²สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

¹Division of Environmental Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University

²Division of Industrial and Environmental Management Engineering, Faculty of Liberal Arts and Science,

Sisaket Rajabhat University

*Corresponding Author: apinya.t@sskru.ac.th

Received: September 1, 2023

Revised: December 4, 2023

Accepted: March 6, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาจุลินทรีย์ประสิทธิภาพ (EM) อัดแท่งในการบำบัดน้ำเสีย ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน คือ สูตรผสมผักตบชวาและสูตรผสมเปลือกสับปะรด ซึ่งเป็นการทดลองแบบไม่เติมออกซิเจน โดยมีวิธีการทำไอเอ็มอัดแท่งทั้ง 3 วิธี คือ แบบอบ แบบตากแดด และแบบตากลม พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids, TSS) ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ผลการทดลองพบว่า EM อัดแท่งสูตรที่สามารถลด TSS ได้ดี คือ EM อัดแท่งสูตรผสมเปลือกสับปะรดแบบอบ คิดเป็นร้อยละ 99.63 สูตรที่ช่วยเพิ่มปริมาณ DO ได้ดี คือ EM อัดแท่งสูตรผสมผักตบชวา ทั้ง 3 แบบ จาก 15.53 mg/L เพิ่มขึ้นเป็น 28.73 mg/L สูตรกำจัด BOD ได้ดี คือ EM อัดแท่งสูตรผสมเปลือกสับปะรดแบบอบ และแบบตากลม คิดเป็นร้อยละ 100 สูตรที่ลด TDS ได้ดีที่สุด คือ EM อัดแท่งสูตรผสมผักตบชวาแบบตากลม คิดเป็นร้อยละ 84.74 สูตรที่ปรับปรุง pH ได้ดี คือ EM อัดแท่ง ทั้ง 2 สูตร และสามารถใช้ได้ทุกแบบ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินกำหนด หากจะมีการเลือก EM อัดแท่ง ไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ควรเลือกใช้สูตรผสมเปลือกสับปะรด เพราะมีประสิทธิภาพในการบำบัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดีกว่าสูตรผสมผักตบชวา

คำสำคัญ: ไอเอ็มอัดแท่ง สูตรผสมผักตบชวา สูตรผสมเปลือกสับปะรด การบำบัดน้ำเสีย

Abstract

The purpose of this research was to explore the effectiveness of Compressed Effective Microorganisms (EM) produced by mixing different raw materials, specifically water hyacinth and pineapple peel, in treating wastewater. The experiment was conducted under non-oxygenated conditions, and the EM Compressed was dried using three methods: baking, sun-drying, and wind-drying. Parameters analyzed included Total Suspended Solids (TSS), Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Total



Dissolved Solids (TDS), and pH. The results revealed that the pineapple peel formulation of compressed EM, in baked form, achieved a reduction of TSS by 99.63%. The water hyacinth mixed formulation of compressed EM, in all forms, effectively increased DO levels from 15.53 mg/l to 28.73 mg/l. BOD removal was most effective with the pineapple peel formulation, both in baked and wind-dried forms, at 100%. The water hyacinth mixed formulation, in wind-dried form, was the most successful in reducing TDS by 84.74%. Moreover, both formulations, regardless of the drying method, effectively adjusted pH levels within standard limits. Hence, selecting the pineapple peel formulation for wastewater treatment is recommended due to its superior performance across various parameters.

Keywords: Compressed Effective Microorganisms, Water Hyacinth Mix Formula, Pineapple Peel Recipe, Wastewater treatment

1. บทนำ

ปัญหามลพิษเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ โดยเฉพาะมลพิษทางน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญ เพราะมนุษย์ใช้น้ำในการดำรงชีวิตทั้งการอุปโภคบริโภคและในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ทั้งในภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และชุมชนต่าง ๆ โดยเฉพาะน้ำเสียที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว ที่มีองค์ประกอบของสารละลายหรือสารแขวนลอยอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ จึงทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ซึ่งเกิดจากการที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำมากเกินไปจนเกินกว่าที่แหล่งน้ำจะสามารถบำบัดตัวเองตามธรรมชาติได้ และส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหามลพิษทางน้ำอันนำไปสู่ความเสียหายหลายด้าน ทั้งนี้ น้ำเสียจากชุมชน ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากอาคารบ้านเรือน ร้านค้าพาณิชย์ ตลาดสด ร้านอาหาร สถาบันการศึกษา สถานที่ราชการ โรงแรม โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น (Siriananpaiboon, 2006) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ เมื่อถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำปริมาณมากจะส่งผลให้แหล่งน้ำเน่าเสียได้

ศูนย์อาหารโรงเรียนโกรกตวิทย์วิทยาคมมีการใช้น้ำในการชำระล้างภาชนะและยังไม่มีมีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งน้ำจากการชำระล้างภาชนะและเศษอาหารต่าง ๆ นั้นมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่ เมื่อสารอินทรีย์ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการบำบัดก่อน และถูกสะสมเป็นเวลานานจึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเน่าเสียและเสื่อมโทรมส่งกลิ่นเหม็นจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในที่สุด (Pollution Control Department, 2017) ปัญหาน้ำเสียที่ไม่มีการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ อาจก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลพิษทางน้ำและเกิดผลกระทบต่อด้านสุขภาพ ด้านอุปโภคและบริโภค และจากการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทั่วประเทศอย่างต่อเนื่อง ก็พบว่าแหล่งน้ำส่วนใหญ่ของประเทศไทยคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2019)

การใช้น้ำสกัดชีวภาพหรือการใช้น้ำจุลินทรีย์อีเอ็มที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms, EM) ในการบำบัดน้ำเสียเริ่มมีความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำอีเอ็มสามารถผลิตขึ้นใช้เองได้ และยังเป็นวิธีการบำบัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะมีส่วนประกอบทำมาจากธรรมชาติ (Wahid & Azman, 2016) และเป็นวิธีที่ใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้จริงมีค่าใช้จ่ายน้อย (Firdaus & Azman, 2018) จากงานวิจัยของ Namsivayam et al. (2011) และ Itsaranuwat (2005) พบว่าน้ำ EM มีความสามารถในการบำบัดความเป็นกรด-ด่าง ของแข็งทั้งหมด BOD และ COD ในน้ำเสียชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการพัฒนาจุลินทรีย์ EM ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะนำจุลินทรีย์ EM มาผสมกับวัสดุที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาประสิทธิภาพ โดยนำ EM ที่ผสมแล้วมาขึ้นรูป แล้วนำมาฝังไว้ในที่ร่มจนแห้ง เมื่อนำ EM ที่ขึ้นรูปแล้วใส่ลงในตัวอย่างน้ำที่ทำการเก็บมา ตัว EM จะค่อย ๆ แตกตัวเพื่อปล่อยจุลินทรีย์ออกมาทำการย่อยสลายกากตะกอนตัวอย่างน้ำ และจุลินทรีย์จะช่วยให้การบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การที่นำ EM มาขึ้นเป็นรูปก็เพื่อเป็นการสร้างที่ยึด



เกาะให้แก่อุทธรณ์และเก็บรักษาได้นานมากขึ้น จะช่วยในการลดปริมาณตะกอน ลดกลิ่นเหม็นลงได้ (Park et al., 2016; Zakaria et al., 2010; Pimpuang, 2016)

ด้วยเหตุนี้จึงมีความเป็นไปได้ในการใช้ EM อัดแท่งที่มีส่วนผสมจากวัตถุดิบธรรมชาติ โดยเฉพาะวัตถุดิบทางการเกษตร มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากศูนย์อาหารโรงเรียนไกรภักดีวิทยาคม ที่ปล่อยน้ำทิ้งโดยไม่ผ่านการบำบัดลงสู่สระน้ำในเขตโรงเรียน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ EM อัดแท่ง ทั้ง 2 ชนิด คือสูตรผสมผักตบชวาและสูตรผสมเปลือกสับปะรด ในการบำบัดน้ำเสียจากศูนย์อาหารโรงเรียนไกรภักดีวิทยาคม

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากศูนย์อาหารโรงเรียนไกรภักดีวิทยาคม ตำบลโพธิ์ อำเภอมือ จังหวัดศรีสะเกษ ในเดือนกุมภาพันธ์ 2565 โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด ได้แก่ บริเวณริมสระน้ำและบริเวณปลายท่อที่ปล่อยน้ำเสียจากโรงอาหารลงสู่สระน้ำ โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids, TSS) ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) พารามิเตอร์และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ดำเนินการตามวิธีการของ APHA (APHA, 2017 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) (American Public Health Association, 2017)

2.2 การเตรียมน้ำหมัก EM

การผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์ กากน้ำตาล และน้ำในอัตราส่วน คือ หัวเชื้อจุลินทรีย์ 1 ส่วน : กากน้ำตาล 1 ส่วน : น้ำสะอาด 20 ส่วน ลงในภาชนะ คนส่วนผสมทุกอย่างให้เข้ากัน แล้วนำวัตถุดิบที่จะทำการหมักใส่ลงไปในภาชนะ โดยมีผักตบชวา 1 ถัง และเปลือกสับปะรด 1 ถัง คนส่วนผสมทุกอย่างให้เข้ากันอีกครั้ง เมื่อครบ 14 วัน ทำการกรองน้ำและกรอกใส่ภาชนะที่เตรียมไว้

2.3 การทำ EM อัดแท่ง

EM อัดแท่งของทั้ง 2 สูตร ใช้ส่วนผสมจาก EM ชนิดน้ำของสูตรผสมผักตบชวาและสูตรผสมเปลือกสับปะรด อย่างละ 750 mL ผสมกับ น้ำสะอาด 750 mL รำละเอียด 1.25 Kg ทรายละเอียด 0.75 Kg และแป้งมันสำปะหลัง 1 Kg ในการผสมจะนำรำละเอียด ทรายละเอียด และแป้งมันสำปะหลัง ใส่ลงในภาชนะสำหรับผสม คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นใส่ EM ชนิดน้ำที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ต่างกันในแต่ละสูตร ได้แก่ สูตรผสมผักตบชวาและสูตรผสมเปลือกสับปะรด และน้ำสะอาด คลุกเคล้าให้เข้ากัน เมื่อผสมเข้ากันจะได้ส่วนผสมที่มีเนื้อเหนียวนุ่ม ไม่เป็นก้อน ไม่แฉะ สามารถขึ้นรูปได้ง่ายทั้ง 2 สูตร จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ใส่เข้าไปในท่อ PVC ใช้ไม้ดันส่วนผสมอัดให้แน่นและให้ได้ความยาวตามที่กำหนด แล้วใช้ไม้ดันตัวอัดอัดแท่งออก อัดแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าส่วนผสมที่เตรียมไว้จะหมด ทำเหมือนกันทั้งสูตรผสมผักตบชวาและสูตรผสมเปลือกสับปะรด ในการเตรียม 1 ครั้ง ได้ EM อัดแท่ง 36 แท่ง น้ำหนักเฉลี่ยแท่งละ 80 กรัม ความยาว 10.5 เซนติเมตร จากนั้นนำจุลินทรีย์อัดแท่งที่ได้ไปทำให้แห้ง โดยแยกออกเป็น 3 วิธีการ คือ แบบตากลม แบบตากแดด และแบบอบ หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้ตัว EM อัดแท่งยัดติดกัน 20 นาที แล้วจัดเก็บในถุงพลาสติกที่กันความชื้น



Figure 1. Compressed Effective Microorganisms (EM) with water hyacinth mixed formulation and pineapple peel mixed formulation. The Compressed EM was dried using three methods: 1. Baking, 2. Sun-drying, and 3. Wind-drying.

2.4 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

ศึกษาการใช้ EM อัตราสูงที่สุดที่สกัดจากและเปลือกสับประรดในการบำบัดน้ำเสีย จะทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อน-หลัง โดยทำการทดลองแบบไม่เติมออกซิเจน มีวิธีการดังนี้คือ เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหารทั้ง 2 จุด แล้วเติมน้ำเสียปริมาตร 3,000 มิลลิลิตร ลงในถังที่มีฝาปิด จากนั้นเติม EM อัตราที่มีน้ำหนัก 37.5 กรัม ลงในถังน้ำเสียแล้วปิดฝา (ตัวอย่างละ 3 ขั้ว) และตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือน เมื่อครบ 1 เดือน นำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ประกอบด้วย การวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ออกซิเจนละลาย และ บีโอดี จากนั้นคำนวณหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของแต่ละพารามิเตอร์



(A)



(B)



(C)

Figure 2. (A) Experiment conducted under non-oxygenated conditions. (B) Infusion of Compressed Effective Microorganisms with water hyacinth mixed formulation. (C) Infusion of Compressed Effective Microorganisms with pineapple peel mixed formulation.



3. ผลการวิจัย

3.1 การใช้ EM อัดแท่ง สูตรผสมผักตบชวาแบบบอบ แบบตากแดดและแบบตากลม ในการบำบัดน้ำเสีย

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่ง สูตรผสมผักตบชวา แบบบอบในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณริมสระน้ำ ประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 8.01, 66.70 และ 83.53 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 15.53 เป็น 28.73 mg/L รายละเอียดแสดง ดัง Table 1

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่ง สูตรผสมผักตบชวา แบบบอบในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายท่อที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่สระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 78.97, 80.86 และ 83.97 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 17.17 เป็น 28.73 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 1

Table 1. Results of water quality analysis before and after the experiment using the baked-type water hyacinth mixed formula of compressed effective microorganisms (EM) for wastewater treatment

Parameters	Pondside Area		Wastewater Outfall Area	
	Before	After	Before	After
TSS (mg/L)	3.62±0.04	3.33±3.34	17.78±8.39	3.74±0.16
DO (mg/L)	15.53±2.46	28.73±0.2	17.17±3.00	28.73±0.11
BOD (mg/L)	8.80±8.19	2.93±1.80	11.13±5.13	2.13±2.20
TDS (mg/L)	198.00±23.81	32.60±0.00	197.08±4.10	31.70±0.00
EC (µs/cm)	198.00±23.81	65.70±0.00	197.80±4.10	63.00±0.00
pH	6.49±0.00	3.62±0.04	6.33±0.00	3.74±0.16
Temp (°C)	29.90±0.00	28.73±0.20	27.60±0.00	0.05±0.11

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่งสูตรผสมผักตบชวา แบบตากแดดในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณริมสระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 65.13, 0.27 และ 2.64 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 15.53 เป็น 28.73 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 2

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่งสูตรผสมผักตบชวา แบบตากแดดในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายท่อที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่สระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 79.25, 99.45 และ 84.46 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 17.17 เป็น 28.9 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 2



Table 2. Results of water quality analysis before and after the experiment using the sun-drying-type water hyacinth mixed formula of compressed effective microorganisms (EM) for wastewater treatment

Parameters	Pondside Area		Wastewater Outfall Area	
	Before	After	Before	After
TSS (mg/L)	3.67±0.07	3.33±3.34	17.78±8.39	3.69±0.10
DO (mg/L)	15.53±2.46	28.73±0.05	17.17±3.00	28.9±0.3
BOD (mg/L)	11.4±6.24	2.93±1.80	385.1±536.64	2.13±2.20
TDS (mg/L)	200.9±13.17	32.60±0.00	204±4.35	31.70±0.00
EC (µs/cm)	65.70±0.00	200.9±13.17	63.00±0.00	204±4.35
pH	6.49±0.00	3.67±0.07	6.33±0.00	3.69±0.10
Temp (°C)	29.90±0.00	28.73±0.05	27.60±0.00	28.9±0.30

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่งสูตรผสมผักตบชวาแบบตากลมในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณริมสระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 10.00, 68.49 และ 84.59 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 15.53 เป็น 28.73 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 3

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่งสูตรผสมผักตบชวา แบบตากลมในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายท่อที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่สระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 78.85, 55.25 และ 84.74 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 17.17 เป็น 28.67 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 3

Table 3. Results of water quality analysis before and after the experiment using the wind-drying-type water hyacinth mixed formula of compressed effective microorganisms (EM) for wastewater treatment

Parameters	Pondside Area		Wastewater Outfall Area	
	Before	After	Before	After
TSS (mg/L)	3.70±0.07	3.33±3.34	17.78±8.39	3.76±0.04
DO (mg/L)	15.53±2.46	28.73±0.05	17.17±3.00	28.67±0.05
BOD (mg/L)	9.3±5.30	2.93±1.80	4.76±4.44	2.13±2.20
TDS (mg/L)	211.67±3.78	32.60±0.00	207.67±2.30	31.70±0.00
EC (µs/cm)	65.70±0.00	211.67±3.78	63.00±0.00	207.67±2.30
pH	6.49±0.00	3.70±0.07	6.33±0.00	3.75±0.04
Temp (°C)	29.90±0.00	28.73±0.05	27.60±0.00	28.67±0.05

3.2 การใช้ EM อัดแท่ง สูตรผสมเปลือกสับปะรดแบบอบ แบบตากแดด และแบบตากลมในการบำบัดน้ำเสีย

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่งสูตรผสมเปลือกสับปะรด แบบอบในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณริมสระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 99.63, 49.48 และ 80.24 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 11.43 เป็น 15.53 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 4



จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัตราส่วนสูตรผสมเปลือกสับปะรด แบบอบในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายท่อที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่สระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 96.17, 100 และ 80.96 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 11.32 เป็น 17.17 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 4

Table 4. Results of water quality analysis before and after the experiment using the baked-type pineapple peel mixed formula of compressed effective microorganisms (EM) for wastewater treatment

Parameters	Pondside Area		Wastewater Outfall Area	
	Before	After	Before	After
TSS (mg/L)	907.78±197.49	3.33±3.34	464.44±464.44	17.78±8.39
DO (mg/L)	11.43±2.55	15.53±2.46	11.32±1.5	17.17±3.00
BOD (mg/L)	5.8±1.27	2.93±1.80	2.13±2.20	0±0
TDS (mg/L)	165.01±13.65	32.60±0.00	166.5±6.18	31.70±0.00
EC (µs/cm)	65.70±0.00	330.33±27.610	63.00±0.00	335±5.29
pH	6.49±0.00	3.77±0.05	6.33±0.00	3.71±0.08
Temp (°C)	29.90±0.00	28.4±0.00	27.60±0.00	28.33±0.11

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัตราส่วนสูตรผสมสับปะรด แบบตากแดดในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณริมสระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 99.57, 78.50 และ 81.04 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 7.83 เป็น 15.53 มิลลิกรัม/ลิตร รายละเอียดแสดงดัง Table 5

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัตราส่วนสูตรผสมสับปะรด แบบตากแดดในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายท่อที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่สระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 97.12 , 51.91 และ 80.74 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 13.46 เป็น 17.17 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงดัง Table 5

Table 5. Results of water quality analysis before and after the experiment using the sun-drying-type pineapple peel mixed formula of compressed effective microorganisms (EM) for wastewater treatment

Parameters	Pondside Area		Wastewater Outfall Area	
	Before	After	Before	After
TSS (mg/L)	766.67±70	3.33±3.34	617.7±383.03	17.78±8.39
DO (mg/L)	7.83±1.33	15.53±2.46	13.46±4.08	17.17±3.00
BOD (mg/L)	2.93±1.80	0.63±0.55	4.43±4.30	2.13±2.20
TDS (mg/L)	171.96±10.55	32.60±0.00	164.56±2.74	31.70±0.00
EC (µs/cm)	65.70±0.00	343.33±21.57	63.00±0.00	327.66±7.02
pH	6.49±0.00	3.99±0.12	6.33±0.00	3.94±0.15
Temp (°C)	29.90±0.00	28.4±0.10	27.60±0.00	28.8±0.00



จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่ง สูตรผสมสับปะรด แบบตากลมในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณริมสระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 99.27, 100 และ 81.35 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 10.8 เป็น 15.53 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 6

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ EM อัดแท่ง สูตรผสมสับปะรด แบบตากลมในการบำบัดน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายท่อที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่สระน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS, BOD และ TDS คิดเป็นร้อยละ 96.17, 57.4 และ 82.20 ตามลำดับ และ DO เพิ่มขึ้นจาก 14.86 เป็น 17.17 mg/L รายละเอียดแสดงดัง Table 6

Table 6. Results of water quality analysis before and after the experiment using the wind-drying-type pineapple peel mixed formula of compressed effective microorganisms (EM) for wastewater treatment

Parameters	Pondside Area		Wastewater Outfall Area	
	Before	After	Before	After
TSS (mg/L)	455.57±183.09	3.33±3.34	464.44±118.43	17.78±8.39
DO (mg/L)	10.8±4.53	15.53±2.46	14.86±4.25	17.17±3.00
BOD (mg/L)	2.93±1.80	0±0	5±5.63	2.13±2.20
TDS (mg/L)	174.76±8.73	32.60±0.00	178.1±5.12	31.70±0.00
EC (µs/cm)	65.70±0.00	349.66±17.61	63.00±0.00	356.66±9.50
pH	6.49±0.00	3.70±0.16	6.33±0.00	3.66±0.07
Temp (°C)	29.90±0.00	28.43±0.05	27.60±0.00	29.06±0.28

4. อภิปรายผลการวิจัย

การนำ EM ชนิดน้ำมาแปรรูปเป็น EM อัดแท่ง เป็นการช่วยเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากส่วนผสมของ EM อัดแท่ง มีแป้งมันสำปะหลังและรำละเอียดที่สามารถเป็นอาหารให้กับจุลินทรีย์ในรูปของสารอินทรีย์ และมีเอนไซม์จากวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิด ได้แก่ ผักตบชวา เปลือกสับปะรด ที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายรูปแบบ (Ehrlich, 2002) การนำ EM ชนิดน้ำมาแปรรูปเป็น EM อัดแท่ง ยังมีผลทำให้จุลินทรีย์เกิดการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ หากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะทำให้จุลินทรีย์มีการเพิ่มจำนวนเป็นทวีคูณได้ในเวลาอันรวดเร็ว และสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ ซึ่งจากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า EM อัดแท่ง สูตรเปลือกสับปะรดแบบอบ เมื่อเติมลงในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากบริเวณริมสระ พบว่ามีประสิทธิภาพในการลด TSS เฉลี่ยร้อยละ 99.63 EM อัดแท่ง สูตรเปลือกสับปะรดแบบอบที่เติมลงในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากบริเวณปลายท่อ พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD เฉลี่ยร้อยละ 100 และ EM อัดแท่งสูตรผสมผักตบชวา แบบตากลมเติมลงในตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บจากบริเวณปลายท่อ พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัด TDS เฉลี่ยร้อยละ 84.74 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Pimpuang (2016) ที่ได้ศึกษาการใช้ EM อัดแท่งเพื่อบำบัดน้ำเสียพบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัด TSS เฉลี่ยร้อยละ 46.53–77.92 และ Sirirote et al. (1995) ที่ได้ศึกษาการใช้ EM ในการบำบัดน้ำเสียและผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำมูลสุกร พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัด TSS เฉลี่ยร้อยละ 72.76 ในการกำจัด BOD มีความสอดคล้องกับการทดลองของ Pimpuang (2016) ที่ได้ศึกษาการใช้ EM อัดแท่งเพื่อบำบัดน้ำเสีย พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD เฉลี่ยร้อยละ 44.74–86.58 ในส่วนของค่า DO สอดคล้องกับการศึกษาของ Okuda & Higa (2009) ที่ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียให้บริสุทธิ์ด้วย



EM และการใช้ประโยชน์ในการเกษตร พบว่าค่า DO มีประสิทธิภาพการปรับปรุง เฉลี่ยร้อยละ 84.99 ประสิทธิภาพในการบำบัดกรด-ด่าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Riyakan (2012) ที่ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วย EM ก่อน ในน้ำเสียตัวอย่างจากคลองแสนแสบ พบว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินกำหนด คือ 5.00-9.00 ทั้งนี้จากผลการศึกษาของพวกเราพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีความผกผัน สอดคล้องกับการทดลองของ Sirising (1982) ที่ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำและน้ำเสีย พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ อุณหภูมิของน้ำในขณะทำการตรวจวัด ชนิดของสารที่มีประจุแต่ละชนิด การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ EM อัดแท่งที่เก็บตัวอย่างน้ำจากสระ พบว่าเป็นช่วงฤดูฝนที่มีน้ำในสระในปริมาณมากกว่าปกติ จึงมีผลทำให้น้ำตัวอย่างที่เก็บมา มีการเจือจางสิ่งสกปรกตามไปด้วย ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง คือ ความร้อน ความเย็น แก๊ส ความเป็นกรด-ด่าง รังสี ความชื้น และแรงดัน เป็นต้น (Kunsuwan, 2012)

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

EM อัดแท่งที่สามารถลด TSS ได้ดีคือ EM อัดแท่งสูตรผสมเปลือกสับปะรดแบบอบ คิดเป็นร้อยละ 99.63 สูตรที่ช่วยเพิ่มปริมาณ DO ได้ดี คือ EM อัดแท่ง สูตรผสมผักตบชวาทั้ง 3 แบบ จาก 15.53 mg/L เพิ่มขึ้นเป็น 28.73 mg/L สูตรกำจัด BOD ได้ดีคือ EM อัดแท่ง สูตรผสมเปลือกสับปะรด แบบอบและแบบตากลม คิดเป็นร้อยละ 100 สูตรลด TDS ได้ดีที่สุดคือ EM อัดแท่ง สูตรผสมผักตบชวาแบบตากลม คิดเป็นร้อยละ 84.74 สูตรที่ปรับปรุงความเป็นกรด-ด่าง ได้ดีคือ EM อัดแท่ง ทั้ง 2 สูตร และสามารถใช้ได้ทุกแบบ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินที่กำหนด อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานเท่านั้น การใช้ EM อัดแท่ง ต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมและมีอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจากการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ หากแต่การนำ EM อัดแท่งไปใช้ประโยชน์จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลองต่าง ๆ ด้วย เช่น อุณหภูมิ ความร้อน ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจน ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ทั้งในด้านสถานที่ วัสดุในการวิจัย และคำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ จนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- American Public Health Association. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. Washington: American Public Health Association.
- Ehrlich, HL. (2002). Geomicrobiology, 4th ed. New York: Marcel Dekker.
- Firdaus, A., & Azman, S. (2018). Improvement of Sungai Sebulung Water Quality Using Effective Microorganism. International Journal of Engineering & Technology, 7(3.9), 59-61.
- Itsaranuwat, P. (2005). Effective microorganisms for agricultural nature. Khon Kaen Agriculture Journal, 33, 175-183. (in Thai).
- Kunsuwan, D. (2012). Environmental Influences: Suitable environment for microorganisms [Online]. Retrieved January 15, 2012, from: <http://www.sites.google.com/site/deunpen601/4-xiththipl-khxng-sphaph-waedlxm>. (in Thai)
- Namsivayam, SKR, Narendrakumar, G., & Kumar, JA. (2011). Evaluation of Effective Microorganism (EM) for treatment of domestic sewage. Journal of Experimental Sciences, 2(7), 30-32.



- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2019). Situation report Environmental quality 2019. Research report. Bangkok: Office of Policy and Planning Natural resources and environment. (in Thai)
- Okuda, A., & Higa, T. (2009). Purification of wastewater with effective microorganisms and its utilization in agriculture [Online]. Retrieved October 18, 2009, from: <http://emfsafe.com/em/EMWWT&AG Japan.pdf>
- Park, GS., Khan, AR., Kwak, Y., et al. (2016). An improved effective microorganism (EM) soil ball-making method for water quality restoration. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1100-1107.
- Pimpuang, T. (2016). Study of the use of effective microbial briquettes for wastewater treatment. Health education program. Pattani: Department of Physical Education, Faculty of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus. (in Thai)
- Pollution Control Department. (2017). Manual for domestic wastewater and wastewater treatment systems [Online]. Retrieved July 20, 2023, from: <http://www.oic.go.th/FILEWER CABINFOCENTER3/DRAWE R056/ GENERAL/ DATA0000/00000973.PDF>. (in Thai)
- Riyakan, I. (2012). Wastewater Treatment by Effective Microorganism Ball: A Case Study of Wastewater Sample from San-Sab Canal. Master of Science Thesis. Bangkok: National Institute of Development Administration. (in Thai)
- Sirananpaiboon, S. (2006). Wastewater treatment system, selection, design, operation and solutions. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Sirirote, P., Sawanon, S., & Wangkubkiat, A. (1995). Swine manure wastewater treatment and biogas production by using EM. Paper presented at the conference of EM research project and the effects on agriculture and environment. Thailand: Bangkok. (in Thai)
- Sirising, K. (1982). Chemical analysis of water and sewage. Bangkok: Faculty of Health Sciences, Mahidol University. (in Thai)
- Wahid, W., & Azman, S. (2016). Improvement of Water Quality using Effective Microorganisms. *Proceeding of the 1st Environmental Engineering, Hydraulics and Hydrology*, June 7-8, 2016. Malaysia: University Technology Malaysia, 57-66.
- Zakaria, Z., Gairola, S., & Sharif, NM. (2010). Effective Microorganisms (EM) Technology for Water Quality Restoration and Potential for Sustainable Water Resources and Management. *Proceedings of 5th International Congress on Environmental Modelling and Software*, July 1, 2010. Canada: Ontario. 448-456.



การศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลากรอบ Study of the Effect of Storage Temperature on the Quality of Khanom La Krob

จิระนันท์ วงศ์วาทัญญู¹ ศันสนีย์ ทิมทอง² และ ศุภักษร มาแสวง^{2*}

Jeeranan Wongwatanyu¹ Sansanee Timtong² and Supuksorn Masavang^{2*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

²สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

¹Division of Food Technology and Innovation, Faculty of Liberal Arts and Science,
Sisaket Rajabhat University, Sisaket Province

²Division of Food Technology, Faculty of Home Economics Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok

*Corresponding Author: supuksorn.m@rmutp.ac.th

Received: January 23, 2024

Revised: March 14, 2024

Accepted: March 15, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลากรอบจากบ้านแม่พริ้มสูตรดั้งเดิม จังหวัดนครศีร์ษะราช ทำการวิจัยโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมลาด้านกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ในภาชนะปิดสนิทเป็นระยะเวลา 35 วัน และศึกษาซอร์ปชันไอโซเทอมการดูดซับความชื้น (sorption isotherm) เพื่อประเมินจุดวิกฤตของการเก็บรักษา ผลการวิจัยพบว่าขนมลามีค่า water activity (a_w) ปริมาณความชื้น ความสว่าง (L^*) ค่าดัชนีสีแดง (a^*) ค่าดัชนีสีเหลือง (b^*) ค่าความแข็ง (hardness) และค่าเพอร์ออกไซด์ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จากกราฟซอร์ปชันไอโซเทอมการดูดซับความชื้นพบว่าความชื้นของขนมลามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของ a_w เพิ่มขึ้น และมีความไวต่อการดูดความชื้นจากบรรยากาศที่ระดับ a_w สูงกว่า 0.70 นอกจากนี้การประเมินจุดวิกฤตของสภาวะในการเก็บรักษาขนมลากรอบในภาชนะที่ปิดสนิทโดยใช้กราฟซอร์ปชันไอโซเทอม พบว่ามีค่าจุดวิกฤตเท่ากับความชื้นร้อยละ 9.51 และค่า a_w เป็น 0.75 ส่วนการเก็บรักษาขนมลากรอบที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นเท่ากับ 4.35 และ 4.95 และค่า a_w เท่ากับ 0.49 และ 0.59 ตามลำดับ ซึ่งยังคงมีค่าต่ำกว่าค่า ณ จุดวิกฤต ดังนั้นการเก็บรักษาขนมลาในภาชนะที่ปิดสนิทภายใต้สภาวะที่ต่ำกว่าจุดวิกฤตนี้จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และยืดอายุการเก็บรักษาได้

คำสำคัญ : ขนมลากรอบ อุณหภูมิการเก็บรักษา ค่าเพอร์ออกไซด์ กราฟซอร์ปชันไอโซเทอม

Abstract

The study investigated the effects of temperature and storage duration on Khanom La Krob products using the original recipe from Baan Mae Phrim, Nakhon Si Thammarat Province. Changes in the physical and chemical attributes of Khanom La Krob were monitored during storage at temperatures of 25 and 35 degrees Celsius in sealed containers for 35 days. Additionally, sorption isotherm analysis was



conducted to determine critical preservation points. The results revealed that water activity (a_w), moisture content, lightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*), hardness, and peroxide value of Khanom La Krob increased with higher temperatures and longer storage durations. The moisture absorption isotherm demonstrated an increase in moisture absorption with rising a_w levels, indicating that Khanom La Krob was sensitive to moisture absorption from the atmosphere at a_w levels above 0.70. Furthermore, critical storage conditions for Khanom La Krob were evaluated using the moisture absorption isotherm, identifying a humidity value of 9.51% and an a_w value of 0.75 as critical points. When stored at 25 and 35 degrees Celsius for 35 days, Khanom La Krob exhibited moisture values of 4.35 and 4.95, and a_w values of 0.49 and 0.59, respectively, which remained lower than the critical values. Therefore, storing Khanom La Krob in sealed containers under storage conditions below these critical points can help delay changes in product quality and extend shelf life.

Keywords: Khanom La crispy snack, Storage temperature, Peroxide value, Sorption isotherm

1. บทนำ

ขนมลา เป็นขนมหวานพื้นบ้านทางภาคใต้ของประเทศไทย ทำมาจากแป้งข้าวเจ้า เป็นขนมสำคัญหนึ่งในห้าชนิดที่ใช้สำหรับจัดหมับ เพื่อนำไปถวายพระสงฆ์ในงานประเพณีบุญสารทเดือนสิบ ซึ่งเป็นงานบุญประเพณีที่สำคัญของจังหวัดในภาคใต้ เช่น จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดสงขลา ส่วนผสมหลักของขนมลาคะประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งมัน และน้ำตาลโตนด ประเภทของขนมลามี 2 ชนิด คือ ลาเซ็ดและลากรอบ ซึ่งขนมลาเซ็ด จะใช้น้ำมันน้อย โรยแป้งให้หนา เมื่อสุกพับเป็นครึ่งวงกลม รูปร่างเหมือนแห ส่วนลากรอบ เกิดจากแนวคิดขนมลาดั้งเดิมหรือขนมลานิม นำมาโรยน้ำตาลแล้วนำไปตากแดด ปัจจุบันมีการทำลากรอบแบบใหม่ โดยเพิ่มแป้งข้าวเจ้าให้มากขึ้น ใช้น้ำมันมากขึ้น เมื่อแป้งสุกแล้วม้วนเป็นแท่งกลมดึงไม้ออกมาเป็นม้วนยาว (Chutchanok, 2020)

ในปัจจุบันได้มีการผลิตขนมลาเพื่อการจำหน่ายซึ่งสามารถหาซื้อได้ตลอดทั้งปี จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในด้านการผลิต และการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมลา พบว่าขนมลามีปัญหาสำคัญคืออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นกว่าอาหารแห้งชนิดอื่น โดยทั่วไปขนมลาชนิดแผ่นจะเก็บรักษาได้ประมาณ 1 เดือน เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืน ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและส่งผลกระทบต่อแผนการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมลา (Thanonkaew & Ruanglay, 2016) ในระหว่างการทอดน้ำมันเกิดการถ่ายเทมวลและความร้อนไปพร้อมกับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงเป็นระยะเวลานานโดยน้ำมันจะส่งผ่านความร้อนไปยังอาหารพร้อมทำปฏิกิริยากับน้ำภายในอาหารและออกซิเจนโดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จึงมีผลให้ปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ เกิดขึ้นในน้ำมันเป็นจำนวนมาก เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดผลผลิตจากการออกซิเดชันที่ระเหยได้ (Volatile compounds) อนุพันธ์ของตัวถูกออกซิไดส์ที่ระเหยไม่ได้ (Non-volatile compounds) สารกลุ่มไดเมอร์ริก (Dimeric compounds) สารพอลิเมอร์ริก (Polymeric compounds) และสารไซคลิก (Cyclic compounds) ซึ่งสารเหล่านี้ส่งผลต่อคุณภาพของอาหารทอดและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Farhoosh & Kenari, 2009) และยังส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนและกลิ่นสาบในผลิตภัณฑ์ขนมลา ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากความไม่มั่นใจทั้งในด้านคุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค ลักษณะเนื้อสัมผัสสำคัญที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหารทอด คือ ความกรอบ อาหารทอดที่มีคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ต่อเมื่อลักษณะเนื้อยังคงแน่นและกรอบ ความกรอบจึงถือเป็นสิ่งที่



สำคัญมากเพราะจะนำไปสู่ความพอใจเมื่อได้บริโภคและจะส่งผลให้เกิดการบริโภคในครั้งต่อไป โดยอาหารที่กรอบจะต้องแน่นและแตกง่ายทันที ทำให้ผิวดูปร่างและเกิดเสียงเมื่อเคี้ยว การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านความกรอบของอาหารทอด จะเกิดขึ้นเมื่อปล่อยให้อาหารมีความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป มีความเหนียวเพิ่มขึ้น ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารทอดคือความชื้น หากเราต้องการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารทอดให้กรอบได้นาน เราจะต้องเลือกชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านเข้าออกของไอน้ำได้ดี หรือควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เหมาะสม เนื่องจากขนมฉุยเป็นอาหารทอดสามารถผลิตและมีจำหน่ายตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในเทศกาล จึงเกิดกลิ่นเหม็นหืนง่าย อีกทั้งสภาวะในการเก็บรักษาหรืออุณหภูมิการเก็บรักษาอาจแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมฉุยได้ (Thanonkaew & Ruangklay, 2016)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมฉุย ในระหว่างการเก็บรักษาโดยการออกแบบสภาวะหรือการจำลองที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ในภาชนะปิดสนิทเป็นระยะเวลา 35 วัน รวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นและ water activity ของขนมฉุยด้วยกราฟไอโซเทอร์มของการดูดซับ (sorption isotherm) เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมฉุยในระหว่างการขนส่งและรอจำหน่ายหรือออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุดิบและการวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบ

ผลิตภัณฑ์ขนมฉุยที่ใช้ในการทดลองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ซื้อจากขนมฉุยบ้านแม่พริ้มสูตรดั้งเดิม เมืองนคร 86 หมู่ 2 ตำบลหูล่อง อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผลิตวันที่ 10 มิถุนายน 2566 และมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ โปรตีนจากไข่ และคาร์โบไฮเดรตจากแป้งและน้ำตาล จากนั้นทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของขนมฉุย โดยวิเคราะห์ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (AOAC, 2000) ค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w (Aqua Lab TE4, USA) ค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องสี (Chroma meter: KONICA MINOLTA, CR-400, Japan) เนื้อสัมผัส ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (TA-XT2i, Stable Micro Systems, UK) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value; PV) ด้วยวิธีการไตเตรทแบบไอโอดิเมตริกซ์ (Iodometric titration) ดัดแปลงวิธีจาก AOCS (2003) และตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รา ด้วยวิธี Petrifilm™ (3M Company, St.Paul, MN) ดัดแปลงวิธีจาก Bird et al. (2015)

การศึกษาผลของระดับ Water activity (a_w) และอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมฉุย เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 2 ระดับ ได้แก่ ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 7, 14, 21, 28, 35 วัน ในตู้อบลมควบคุมสภาวะ (Memmert, ICH110Leco, Germany) และตั้งค่าความสว่างร้อยละ 100 และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Relative Humidity) ที่ร้อยละ 50

จากนั้นนำตัวอย่างขนมฉุยที่เพิ่งผลิตใหม่บรรจุในถ้วยพลาสติกและวางในกล่องพลาสติกที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัวเพื่อควบคุมสภาวะบรรยากาศ แล้วปิดฝาให้สนิทและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน และทำการตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพและเคมี ทุกๆ 7 วัน (Figure 1)



Figure 1. Khanom La samples were placed in an accelerated chamber to maintain storage temperatures at 25°C and 35°C for 35 days.

2.2 การจำลองสภาวะการเก็บรักษาขนมลาเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลา

นำผลิตภัณฑ์ขนมลารอบที่ตัดให้มีขนาดยาวประมาณ 1 นิ้ว มาบรรจุใส่ในถ้วยพลาสติกใสชนิด PET ขนาด 7 ออนซ์และเก็บรักษาในกล่องพลาสติกที่ปิดสนิท จำนวน 2 กล่อง จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และที่ 35 องศาเซลเซียส ในตู้บ่มควบคุมสภาวะ (Accelerated chamber) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 35 วัน โดยสุ่มตรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และเก็บตัวอย่างที่เก็บรักษาในระยะเวลาโดยเริ่มจากวันที่ 0 เป็นวันแรกของการทำการทดลอง 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน ตามลำดับ แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ ได้แก่

2.2.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ

วัดค่า water activity (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า water activity (Aqua Lab TE4, USA) ปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (AOAC, 2002) ค่าสี L^* , a^* , b^* ของขนมลา ด้วยเครื่องวัดสี (chroma meter: KONICA MINOLTA, CR-400, Japan) และทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (TA-XT2i, Stable Micro Systems, UK) ใช้วิธีการกด (compression) ด้วยหัวกดทรงกระบอก ขนาด 50 มิลลิเมตร (P50) ตั้งค่าความเร็วของการวัด ได้แก่ ค่า pre-test, test และ post-test ที่ 10.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และทำการรายงานผลค่าความแข็ง (hardness) จากค่าเฉลี่ยของการวัดตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ของขนมลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 7, 14, 21, 28, และ 35 วัน

2.2.2 คุณภาพทางด้านเคมี

นำตัวอย่างขนมลาที่ทำการจำลองสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ทำการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value; PV) ด้วยวิธีการไตเตรทแบบไอโอดิเมตริกซ์ (Iodometric titration) ดัดแปลงวิธีจาก AOCS (2003) โดยชั่งตัวอย่างขนมลา 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำคลอโรฟอร์ม 50 มิลลิลิตร ทำการเขย่าสารผสม 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่กรองได้มา 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 20 มิลลิลิตร เติมน้ำกรดแอสซิติค 30 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าสารผสมให้เข้ากันแล้วเก็บในที่มืด 30 นาที เมื่อครบเวลานำออกจากที่มืดและเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล ใช้น้ำแบ่งความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรทจนถึงจุดยุติเมื่อสารละลายไม่มีสี ทำการคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ ดังนี้

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq oxygen/Kg sample)} = \frac{(\text{ปริมาตร Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ ที่ใช้ไทเทรต} \times \text{ความเข้มข้น Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \times 1000}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}} \dots\dots(1)$$

2.3 การประเมินสถานะการเก็บรักษาวิกฤตด้วย Sorption isotherm

การสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า water activity และ ค่าความชื้นสมดุล หรือ ไอโซเทอรั่มของการดูดซับ (Sorption isotherm) ของผลิตภัณฑ์ขนมลา เพื่อหาค่า water activity และ ค่าความชื้นสมดุลวิกฤต สำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลาโดยการเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว 6 ชนิด ได้แก่ NaOH, MgCl₂, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂, NaCl และ KCl ที่อุณหภูมิห้องโดยการชั่งสารเคมีดังกล่าวอย่างละ 100 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นตามตามสัดส่วนที่แสดงใน Table 1 เพื่อใช้จำลองบรรยากาศที่ให้มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.10-0.82 สำหรับใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content) ของผลิตภัณฑ์ในภาชนะปิดสนิท (Menkov & Durakova, 2007)

Table 1. Preparation of saturated salt solutions using the static gravimetric method for monitoring changes in sample properties during storage at 25 °C and 35 °C.

Saturated salt solutions	Water activity		Water (ml) per 100 g
	25 °C	35 °C	
NaOH	0.065	0.0687	22
MgCl ₂	0.3273	0.3238	12
K ₂ CO ₃	0.438	0.436	45
Mg(NO ₃) ₂	0.5286	0.5133	15
NaCl	0.7532	0.7521	25
KCl	0.8432	0.8353	40

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ขนมลาบรรจุใส่ในถ้วยพลาสติกชนิด PET ขนาด 7 ออนซ์ และเก็บในกล่องพลาสติกที่ปิดสนิทที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัว 6 ชนิด เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เข้าสู่สภาวะสมดุล (Figure 2) จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละระดับของ water activity ต่าง ๆ มาวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นสมดุลของตัวอย่างด้วยตู้อบลมร้อน (AOAC, 2002) เพื่อใช้ในการสร้างกราฟของฟลักชันไอโซเทอรั่ม (Sorption Isotherm) และรายงานผลค่า a_w และค่าความชื้นสมดุล ณ จุดวิกฤต ของตัวอย่างขนมลาโดยลากเส้นจุดตัด 2 เส้น ตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเส้นกราฟ โดยดัดแปลงตามวิธีของ Burnett et al. (2004)



Figure 2. Khanom La samples were placed in airtight containers at ambient temperature to control water activity for obtaining the sorption isotherm curve of Khanom La.



3. ผลการวิจัย

3.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลาที่เป็นผลจากอุณหภูมิเก็บรักษา

คุณภาพเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ขนมลารอบที่ใช้ในการศึกษา ได้แสดงใน Table 2 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมลามีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมลา (มผช. 712/2547) โดยผลิตภัณฑ์ขนมลารอบต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Tapia et al., 2020) ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ มีสีตามธรรมชาติของส่วนประกอบ ซึ่งขนมลามีสีที่มาจากไข่แดงและการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการทอด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่า b^* ที่มีค่าเท่ากับ 36.58 ± 0.05 โดยค่า b^* เป็นบวก แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองที่ชัดเจน ส่วนค่าความแข็ง (hardness) บ่งชี้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีความกรอบ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ขนมลามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $1.41 \pm 0.20 \times 10^3$ และไม่พบยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ขนมลาหลังการผลิต จะเห็นว่ามีความจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนของยีสต์และรา ต่ำกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และต่ำกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าหลังการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมลารอบยังคงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ลักษณะของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส มีลักษณะของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงใน Figure 3 จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพด้วยประสาทสัมผัส พบว่าตัวอย่างขนมลาที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-35 วัน ผลิตภัณฑ์ขนมลามีความกรอบ สี และกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บรักษาที่ 35 องศาเซลเซียส มีเนื้อสัมผัสกรอบลดลงเล็กน้อย สีเข้มขึ้น และมีกลิ่นหืนเล็กน้อย

Table 2. Properties of the Khanom La products used in the experiment after preparation.

Parameters	Response
Moisture content (% dry basis)	2.31 ± 0.05
Water activity (a_w)	0.31 ± 0.00
Color	
L^*	60.58 ± 0.13
a^*	10.91 ± 0.04
b^*	36.58 ± 0.05
Hardness (N)	5.40 ± 0.54
Total plate count (cfu/g)	$1.41 \pm 0.2 \times 10^3$
Yeast and mold (cfu/g)	Not detected
Peroxide value (mEq/kg)	5.88

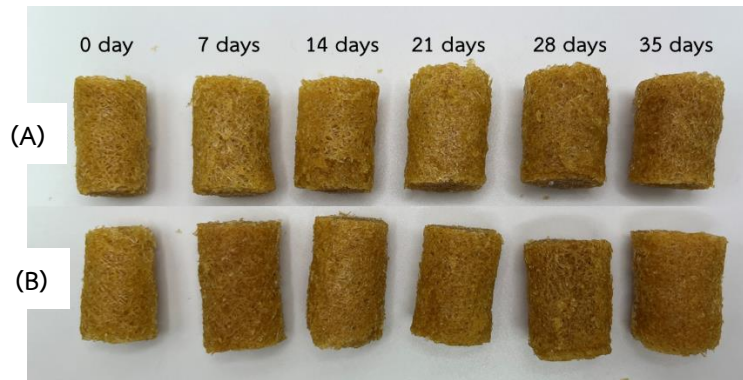


Figure 3. Photos of samples during stored at (A) 25 °C and (B) 35 °C for 35 days

3.2 การเปลี่ยนแปลงค่า water activity (a_w) และปริมาณความชื้น (moisture content) ของผลิตภัณฑ์ขนมลาระหว่างการเก็บรักษา

การสังเกตผลอุณหภูมิ 2 ระดับ คือที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ต่อค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษา 35 วัน แสดงใน Figure 4 พบว่าอุณหภูมิมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความชื้นและค่า a_w ($p \leq 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และที่ 35 องศาเซลเซียส โดยขนมลาค่าความชื้นเฉลี่ยสูงสุด คือ ร้อยละ 4.35 และ ร้อยละ 4.97 ตามลำดับ ในขณะที่ขนมลาค่า a_w เฉลี่ยสูงสุด คือ 0.4936 และ 0.5917 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงขึ้นมีส่วนเร่งการเพิ่มขึ้นของค่า a_w และปริมาณความชื้นของตัวอย่างขนมลา

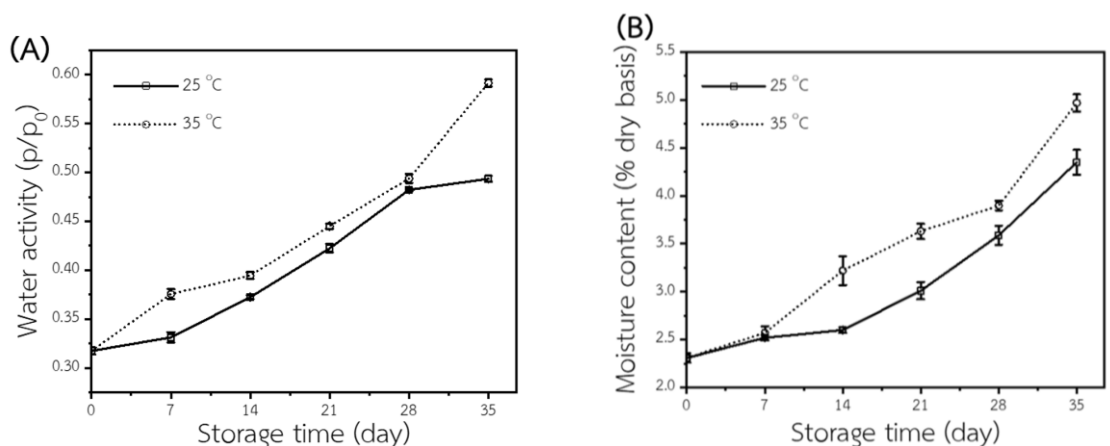


Figure 4. (A) Changes in water activity (a_w) and (B) Moisture content of Khanom La stored at 25 and 35 °C over 35 days

3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสี (color) ของผลิตภัณฑ์ขนมลาระหว่างการเก็บรักษา

Figure 5 แสดงผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงค่าสี (color) ของผลิตภัณฑ์ขนมลาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บนานขึ้น โดยค่าความสว่างในช่วงวันที่ 28 มีแนวโน้มของค่าความสว่างใกล้เคียงกับค่าของการเก็บรักษาที่ 35 วัน ซึ่งผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เหนียวขึ้นทำให้ไม่สามารถบดให้ละเอียดได้ จึงทำให้อาจมีผลต่อการวัดค่าความสว่างได้ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) และ ค่าสี

เหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีอายุการเก็บรักษาของขนมลาเพิ่มมากขึ้น โดยค่า L^* a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์ขนมลามีการเปลี่ยนที่สูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่ 35 องศาเซลเซียส

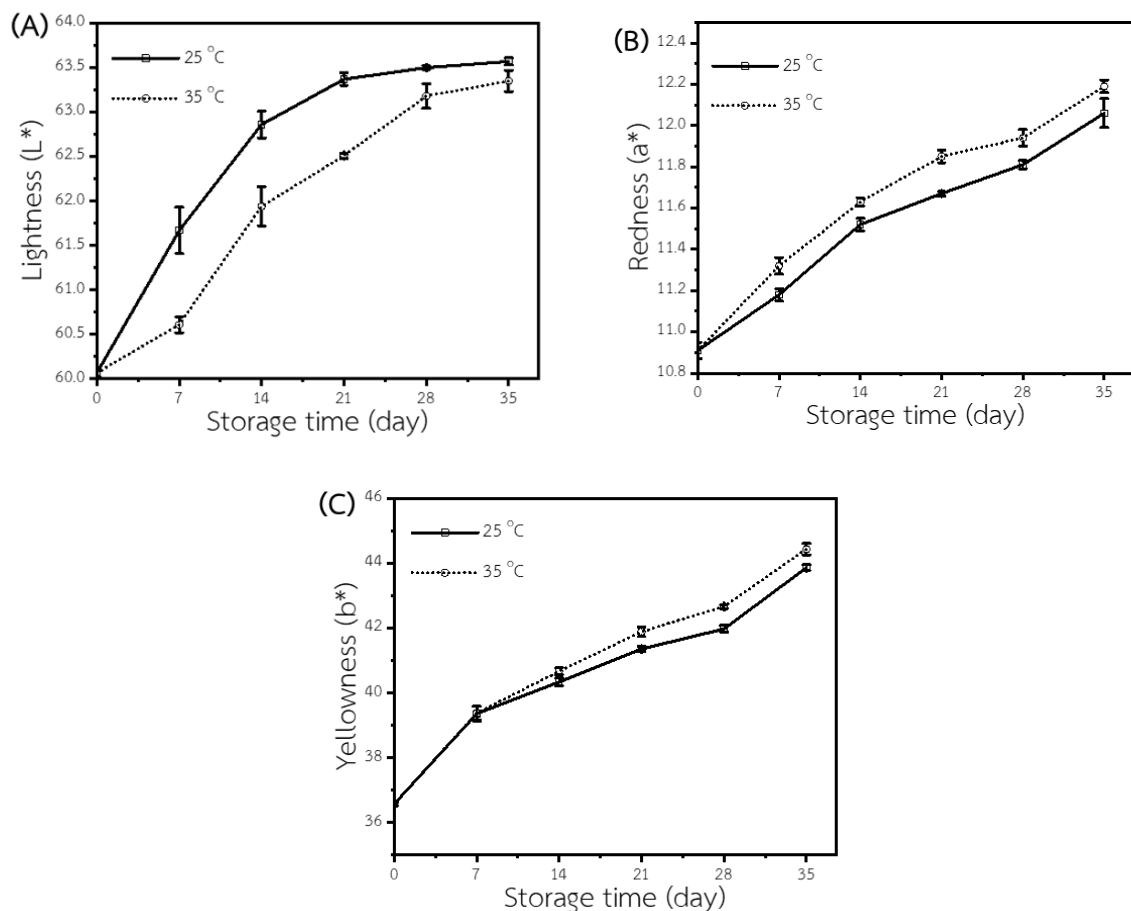


Figure 5. Changes of the color value of Khanom La stored at 25 °C and 35 °C over 35 days:

(A) Lightness (L^*), (B) Redness (a^*) and (C) Yellowness (b^*)

3.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์ขนมลาระหว่างการเก็บรักษา

ค่าความแข็งของขนมลาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทั้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส จนถึงวันที่ 28 และค่าความแข็งจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาครบ 35 วัน โดยตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงมากกว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเล็กน้อย (Figure 6)

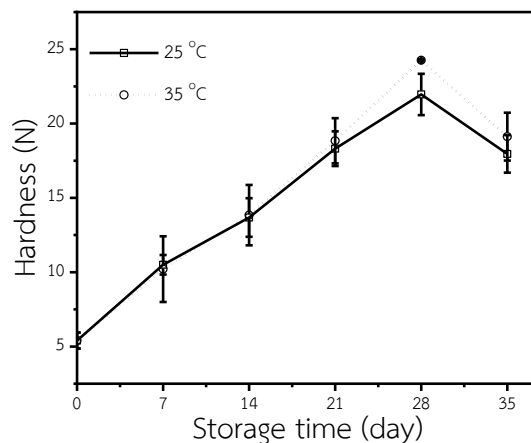


Figure 6. Changes of the hardness of Khanom La stored at 25 °C and 35 °C over 35 days

3.5 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (Peroxide value) ของผลิตภัณฑ์ขนมลาระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ขนมลามากถูกเก็บรักษาในสภาวะจำลองที่มีการควบคุมอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลาระหว่างการเก็บรักษา ทำการสุ่มตัวอย่างแต่ละกล่องมาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ทุก 7 วัน นานถึง 35 วัน มาทำการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจาก 0-35 วัน โดยค่าเปอร์ออกไซด์ของตัวอย่างขนมลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Figure 7)

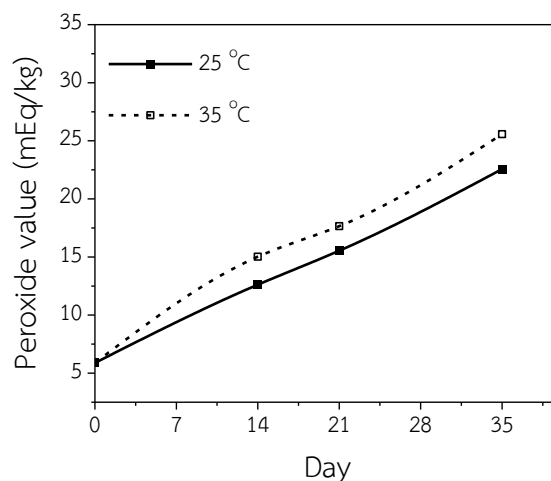


Figure 7. Changes of the peroxide value of Khanom La stored at 25 °C and 35 °C over 35 days

3.6 การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความชื้นและค่า water activity ด้วยกราฟ sorption isotherm เพื่อหาจุดวิกฤตที่ใช้ในการออกแบบสภาวะการเก็บรักษาของขนมลา

ผลิตภัณฑ์ขนมลามากบรรจุใส่ในถ้วยพลาสติกชนิด PET ขนาด 7 ออนซ์ และเก็บในกล่องพลาสติกที่ปิดสนิท ที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัว 6 ชนิด เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เข้าสู่สภาวะสมดุล ณ สภาวะจำลองค่า a_w ที่ 0.07, 0.33,

0.44, 0.53, 0.75 และ 0.84 จากนั้นนำตัวอย่างขนมลามาวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นสมดุลของตัวอย่างด้วยตู้อบลมร้อน (AOAC, 2002) เพื่อใช้ในการสร้างกราฟซอร์พชันไอโซเทอม (Sorption Isotherm) และรายงานผลค่า a_w และค่าความชื้นสมดุล ณ จุดวิกฤต ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมลา เมื่อสังเกตลักษณะภายนอกแล้วพบว่าขนมลาเก็บรักษาที่ระดับ a_w เป็น 0.53 ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะแห้ง กรอบ เปราะแตกหักได้ง่าย เริ่มมีสีเข้มชัดเจนขึ้น ส่วนที่ระดับ a_w เป็น 0.75 ขึ้นไป ขนมลาจะมีลักษณะนิ่ม เหนียว มีสีเข้มขึ้น รูปแบบไอโซเทอมของการดูดซับ (adsorption isotherm) ของขนมลารอบใน Figure 8 เป็นแบบตัวเจ (J shape) ซึ่งเป็นไอโซเทอมชนิดที่ 3 (Type III) จากการแบ่งประเภทของ Brunauer's classification (Brunauer et al., 1940) ซึ่งเป็นรูปแบบที่มักพบในอาหารที่มีน้ำตาลปริมาณสูง เช่น ผลไม้อบแห้ง (Tsami et al., 1990) แอฟริคอต (Mrad et al., 2012) เป็นต้น จาก Figure 8 จุดวิกฤต (critical point) คือ สภาวะที่มีค่าความชื้นร้อยละ 9.51 และค่า a_w เท่ากับ 0.75

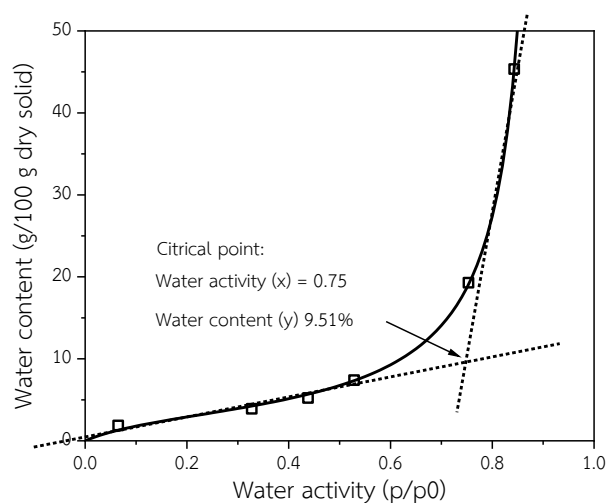


Figure 8. Sorption isotherm of Khanom La at room temperature

รูปร่างลักษณะเฉพาะของไอโซเทอมของการดูดซับขึ้นอยู่กับความหลากหลายและปริมาณรวมขององค์ประกอบของอาหารที่ดูดความชื้นได้ที่มีอยู่ในส่วนผสมที่ต่างกันโดยเฉพาะกลุ่มที่ที่ชอบน้ำ (Falade et al., 2003) ที่สภาวะ a_w ต่ำ น้ำจะถูกดูดซับได้เฉพาะบนพื้นผิวตรงหมู่ไฮดรอกไซด์ (-OH) ของน้ำตาลที่เป็นผลึกเท่านั้น Weisser (1985) รายงานว่าสภาวะ a_w ต่ำ มักเกิดการละลายของน้ำตาลได้เล็กน้อย รวมถึงมีการพองตัวของไบโอโพลีเมอร์ (แป้งและโปรตีน) และการมีบริเวณที่จับกับน้ำเพิ่มขึ้นใหม่ที่ผิวของอาหาร เมื่อมีสภาวะ a_w สูง จะมีการละลายของน้ำตาลเกิดขึ้นและน้ำตาลที่เป็นผลึกจะถูกแปลงเป็นน้ำตาลในรูปอสัณฐาน (amorphous) ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้นอย่างมากหลังจากการเปลี่ยนแปลงนี้ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนตำแหน่งดูดซับที่เกิดจากการแตกของโครงสร้างผลึกของน้ำตาล (Ayranci et al., 1990)

4. อภิปรายผลการวิจัย

ลักษณะของตัวอย่างขนมลาที่เปลี่ยนแปลงจากการสังเกตด้วยสายตาโดยตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ตัวอย่างมีการเปลี่ยนที่ชัดเจนกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยตัวขนมลามีสีที่เข้มขึ้น และเนื้อสัมผัสที่มีความกรอบลดลง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงขึ้นส่งผลต่อคุณภาพ เพราะอุณหภูมิอาจเร่งการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้า ๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสีย (Rahman &



Labuza, 1999) จากข้อมูลข้างต้น (Table 1) จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ขนมลากรอบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ยังมีความชื้นในระดับต่ำ มีค่า a_w อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับอาหารกึ่งแห้ง จึงส่งผลให้อาหารประเภทนี้สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีได้ เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ปฏิกิริยาสีน้ำตาล และอาจจะเกิดการเจริญของเชื้อราและยีสต์ได้ ดังนั้นควรมีการรักษาให้ผลิตภัณฑ์ขนมลามีค่า a_w ที่ต่ำ เพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Thanonkaew & Ruanglay, 2016)

ค่า a_w เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นต่ำ ในขณะที่ a_w ที่สูงกว่า 0.8 ทำให้จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (Galić et al., 2009) ค่า a_w เฉลี่ยสูงสุดของขนมลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.4936 และ 0.5917 ตามลำดับ โดยทั่วไปแล้วอาหารที่มีค่า a_w ในช่วง 0.4–0.6 มักมีความคงตัวมากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (Vadukapuram et al., 2014) ลิพิดจะเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันมากที่สุดเมื่อ a_w อยู่ในช่วง 0.3–0.6 นอกจากนี้ ค่า a_w ของตัวอย่างขนมลาที่ทำการศึกษาทั้งหมดที่มีค่าต่ำกว่า 0.75 มั่นใจได้ว่าจะสามารถป้องกันหรือชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Ellin, 2007)

ปริมาณความชื้นมีบทบาทสำคัญในการพิจารณาความคงตัวของผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ยังเห็นได้จาก Figure 2 พบว่าค่าปริมาณความชื้นของขนมลาเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นอาจเป็นผลมาจากการได้รับการดูดซึมน้ำจากอากาศที่อยู่บริเวณผิวของขนมลา โดยโพลีเมอร์อินทรีย์ขององค์ประกอบในขนมลา เช่น แป้ง น้ำตาล และโปรตีน เป็นต้น ตามด้วยการเคลื่อนที่ของน้ำภายใน และเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำเพิ่มเติม ซึ่งสอดคล้องการผลการศึกษาของ Sharma & Riar (2020) ในคุกกี้ข้าวฟ่าง ซึ่งปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์อาจเนื่องมาจากลักษณะการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์แห้ง สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์) รวมถึงลักษณะของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (Nagi et al., 2012)

การที่ผลิตภัณฑ์ขนมลามีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาที่สูงขึ้น อาจเกิดจากผลิตภัณฑ์ขนมลาประกอบด้วยน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้โมเลกุลของน้ำแยกออกมาและเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันของสารประกอบคาร์บอน ได้เป็นสารน้ำตาลแดงเรียกปฏิกิริยานี้ว่า คาราเมลไรเซชัน (Caramelization) ซึ่งอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น (Murata, 2021) นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลในน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่อะมิโนอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ขนมลา ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Kruangam & Intipunya, 2013) นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แต่ละสัปดาห์ส่งผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสี เนื่องจากมีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่กล่าวมาเกิดขึ้นตลอดเวลาที่ทำการเก็บรักษา (Murata, 2021) โดย Gonzales et al. (2010) ได้รายงานผลอัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในนมผงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม a_w (ช่วง 0.33–0.98) และอุณหภูมิในการเก็บรักษา (37–60 องศาเซลเซียส) ที่เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการดูดซับน้ำจากปรากฏการณ์ plasticization ของไบโอโพลีเมอร์ ส่งผลให้ค่า glass transition ต่ำลง ซึ่งทำให้โพลีเมอร์เปลี่ยนจาก glassy state ไปเป็น rubbery state โมเลกุลของน้ำและโพลีเมอร์ต่าง ๆ ในอาหารจึงเคลื่อนที่ได้มากขึ้นทำให้อัตราเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น

ความแข็ง (hardness) เป็นเกณฑ์หลักในการประเมินคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ขนมลากรอบ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมลาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทั้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส จนถึงวันที่ 28 และค่าความแข็งลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาครบ 35 วัน โดยตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงมากกว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นขณะเก็บรักษาอาหารความชื้นต่ำถูกอธิบายโดย Harris & Paleg (1996) โดยเป็นผลจาก partial plasticization ของส่วนผนังของรูพรุนในอาหารที่มีความกรอบ เมื่อได้รับความชื้นจากผิวอาหาร จะสามารถพองตัวและเพิ่มการเชื่อมติด (cohesion) ขนาดของรูอากาศจึงเล็ก



ลง ส่งผลให้โครงสร้างมีความเหนียว (toughness) มากขึ้นด้วยทำให้น้ำมีการกระจายตัวในเนื้ออาหารแห้งได้ยากขึ้น หลังจากเก็บรักษา 35 วัน เป็นเวลานานพอสำหรับขนมลาในการดูดความชื้นเข้าไปในโครงสร้างอาหารส่งผลให้มีความแข็งลดลงได้ โดยทั่วไปค่าความแข็ง (hardness) ของอาหารแห้ง/อาหารความชื้นต่ำ (dehydrated food) ได้รับผลกระทบจากปริมาณความชื้นและค่า a_w และลักษณะทางเคมีกายภาพอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ เช่น ปฏิกริยาระหว่างส่วนผสม ของไขมัน น้ำตาล แป้ง เป็นต้น ผลของค่า water activity ต่อความกรอบ (crispness) มีความสำคัญมากกว่าอุณหภูมิการเก็บรักษา (Sharma & Riar, 2020) โดย Carter et al., (2015) ได้รายงานว่าตัวอย่างคุกกี้ที่ค่า a_w ที่ต่ำกว่าค่า a_w ณ จุดวิกฤต จะคงความกรอบและเนื้อสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์ไว้ การเคลื่อนที่และการกระจายความชื้น การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของส่วนประกอบหลักของอาหาร และปฏิกริยาระหว่างส่วนประกอบนั้นส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอ (heterogeneous) ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งค่า a_w และปริมาณความชื้นที่สอดคล้องกับการปฏิเสธของผู้บริโภคจะแตกต่างกันไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ Hough et al., (2001) รายงานว่าการสูญเสียความกรอบของบิสกิตระหว่างการเก็บรักษาจะเห็นได้ชัดเมื่อค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.43 ถึง 0.60 ผลการศึกษาที่คล้ายกันได้ถูกรายงานโดย Panyathitipong et al., (2020) ในขนมลารอบและ Sharma & Riar (2020) ในคุกกี้ข้าวฟ่าง

ผลการทดลองจะเห็นว่าอุณหภูมิมีส่วนในการเร่งการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์ใช้ในการชี้บ่งคุณภาพของน้ำมันและไขมันได้ การหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Auto-oxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นพันธะเพอร์ออกไซด์ (peroxide linkage) เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ จะทำให้มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำให้พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวลดลง (Cheung & Mehta, 2015) จาก Figure 7 ผลการศึกษาเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ขนมลาระหว่างการเก็บรักษาที่ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อยละ 50 ในตู้สุญญากาศ โดยการตรวจสอบค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) พบว่าในทั้งสองอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ส่งผลให้ปริมาณค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) สูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อขนมลารักษาเป็นเวลานานขึ้นในระหว่าง 0 ถึง 35 วัน การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญต่อคุณภาพของอาหารทอด คือ การเกิดกลิ่นหืน จากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ หรือออกซิเดชัน (Autooxidation) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเนื่องจากออกซิเจนในอากาศทำปฏิกิริยากับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดเป็นเพอร์ออกไซด์ และอาจเกิดออกไซด์ต่อไปเป็นแอลดีไฮด์ คีโตน กรดอินทรีย์ ทำให้เกิดการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation rancidity) (Cheung & Mehta, 2015) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการติดตามการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถประเมินได้จากการวัดค่า Peroxide value ดังนั้นปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเป็นสิ่งสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาของขนมลา ในการทดลองนี้แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสารเพอร์ออกไซด์ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในตัวอย่างขนมลา ระหว่างการเก็บรักษาที่เกิดจากไขมันที่อยู่ผลิตภัณฑ์สามารถที่จะเกิดออกซิเดชันได้ โดยมีปัจจัยเร่ง คือ ปริมาณน้ำ อุณหภูมิ และออกซิเจน โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดได้เร็วขึ้นหากกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของอาหารเป็นชนิดไม่อิ่มตัว (Thanonkaew & Ruangklay, 2016) อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลน้ำสร้างพันธะไฮโดรเจนกับไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ส่งผลทำให้ไฮโดรเพอร์ออกไซด์คงตัวต่อการสลายตัวและหยุดการทำงานของสารประกอบนี้เพื่อเพิ่มการสลายตัวของเปอร์ออกไซด์แทน (Baker et al., 2002) นอกจากนี้เมื่อนำตัวอย่างขนมลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลาครบ 35 วัน ไปวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมด (Total crude fat) ด้วยเครื่อง Soxhlet โดยผลวิเคราะห์ได้ผลดัง Table 3



Table 3. Comparison of crude fat content of Khanom La stored at 25 °C and 35 °C for 35 days

Sample	Crude fat content (%)
Khanom la (before the experiment)	0.79±0.07 ^a
Khanom La (stored at 25 °C for 35 days)	0.46±0.02 ^b
Khanom La (stored at 35 °C for 35 days)	0.41±0.08 ^b

Note: Values were mean ± SD. Values with different letters in the same column were significantly different at $p \leq 0.05$.

จาก Table 3 จะเห็นว่าปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ขนมลาหลังการผลิตมีค่าสูงกว่าปริมาณไขมันในตัวอย่งขนมลาที่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน โดยปกติแล้วการเกิดออกซิเดชันไม่ได้เป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำมันลดลง เนื่องจากจะเกิดปฏิกิริยาที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นพันธะเพอร์ออกไซด์ (Peroxide linkage) ขึ้นระหว่างพันธะคู่ ออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ (Wang et al., 2023) ซึ่งทำให้คุณภาพของไขมันและน้ำเปลี่ยนไปโดยที่ปริมาณไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมัน ผลใน Table 3 การที่ปริมาณไขมันลดลงเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นอาจเป็นเพราะน้ำมันเกิดการซึมออกมาจากตัวผลิตภัณฑ์และติดอยู่กับภาชนะบรรจุ นอกจากนี้เมื่อน้ำมันเกิดการหืนโดยปฏิกิริยานี้ จะทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันลดลงด้วย และยังทำลายพาวิตามินต่าง ๆ ที่ละลายในไขมันและน้ำมันได้อีกด้วย (Cheung & Mehta, 2015)

ผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ผลิตใหม่มาบรรจุใส่ในถ้วยพลาสติกและเก็บในกล่องพลาสติกที่ปิดสนิท ที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัว 6 ชนิด เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เข้าสู่สภาวะสมดุล ณ สภาวะจำลองค่า a_w ที่ 0.07, 0.33, 0.44, 0.53, 0.75 และ 0.84 จากนั้นนำตัวอย่างขนมลามาวិเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นสมดุลของตัวอย่างด้วยตู้อบลมร้อน (AOAC, 2002) เพื่อใช้ในการสร้างกราฟซอร์ปชันไอโซเทอรัม (Sorption Isotherm) และรายงานผลค่า a_w และค่าความชื้นสมดุล ณ จุดวิกฤตของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมลา เมื่อสังเกตลักษณะภายนอกแล้วพบว่าขนมลาเก็บรักษาที่ระดับ a_w 0.53 เริ่มมีสีเข้มชัดเจนขึ้นและที่ระดับ water activity 0.75 ขึ้นไป ขนมลามีลักษณะนิ่ม เหนียว มีสีเข้มขึ้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นขนมลาจะเกิดการพองตัว เนื้อสัมผัสจะนุ่มขึ้นที่บริเวณผิวโดยรอบของขนมลา ความสามารถในการดูดซับน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่นุ่มบริเวณผิวของอาหารความชื้นต่ำ (Saša et al., 2006) เนื่องจากองค์ประกอบในขนมลาที่ละลายน้ำได้ชนิดหลัก คือน้ำตาล ซึ่งจะดูดซับโมเลกุลของน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดชั้นของเหลวที่ผิวด้านนอกของอาหารเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสูง (Mollan & Celik, 1995) การที่ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่ระดับ a_w ที่สูงขึ้น อาจเป็นผลมาจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม a_w อยู่ในช่วง 0.33-0.54 ซึ่งปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะเริ่มเกิดขึ้นในโพลิเมอร์ที่มีการดูดซับน้ำ (Immobilized) ในขณะที่ยังอยู่ใน glassy state เริ่มมีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำในโพลิเมอร์เพิ่มจนถึง rubbery state ซึ่งปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่สูงขึ้นด้วย (Bell, 1995)

ลักษณะกราฟซอร์ปชันไอโซเทอรัม (Sorption isotherm) (Figure 2) ของผลิตภัณฑ์ขนมลาซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และค่า a_w 0.07-0.84 โดยควบคุมค่า a_w ด้วยสารละลายเกลืออิ่มตัวต่าง ๆ โดยกราฟ Sorption isotherm แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณหรือความชื้นสมดุลในอาหารกับความชื้นสัมพัทธ์หรือค่า a_w สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมลาเมื่อถูกเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์ขนมลามีการเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์และอากาศภายในภาชนะปิดเข้าสู่สภาวะสมดุล คือมีค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขนมลามีค่าใกล้เคียงกับค่า a_w ของสารละลายเกลืออิ่มตัว โดยตรวจสอบได้จากน้ำหนักของตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากเก็บไว้ 4 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากราฟ Sorption isotherm มีการเปลี่ยนแปลงแบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยระยะที่ 1 ในช่วง a_w ต่ำกว่า 0.70 ลักษณะเส้นกราฟของค่าความชื้นในขนมลามีความชันเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของ a_w เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งตัวอย่างขนมลาคงความกรอบอยู่ แสดงให้เห็นว่า



ขนมลามีความสามารถในการดูดความชื้นได้น้อย ในขณะที่ระยะที่ 2 ในช่วงที่ a_w มากกว่า 0.70 เส้นกราฟซอร์ปชันไอโซเทอรั่มมีความชันมาก แสดงว่าขนมลามีความสามารถในการดูดความชื้นได้มาก ตัวอย่างขนมลามีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียว เริ่มมีกลิ่นหืน และสีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลของคุณภาพของขนมลาที่ถูกเก็บรักษาในสภาวะจำลองที่ระดับ a_w 0.75 เมื่อความชื้นในสภาวะแวดล้อมมีค่าต่ำ จากผลการทดลองนี้กล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ขนมลารอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะ Sorption isotherm ดังกล่าวเป็นสมบัติของอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ดังนั้นอาหารที่ไวต่อการดูดความชื้นเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้ปริมาณความชื้นในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับรายงานของ Kruangam & Intipunya, (2013) ซึ่งศึกษา Sorption isotherm ของลำไยผงอัดก้อน โดยพบว่าที่ค่า a_w สูงกว่า 0.50 ปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งจากรายงานการวิจัยของ Yan et al. (2008) ซึ่งได้ศึกษา Sorption isotherm ของกล้วยผงพบว่าปริมาณความชื้นสมดุลของกล้วยผงจะเพิ่มขึ้น เมื่อระดับค่า a_w สูงขึ้นที่ระดับ 0.58 ลักษณะ Sorption isotherm ประเภทนี้จะเกิดกับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งจัดเป็น Sorption isotherm ประเภทที่ 3 เมื่อจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสมดุลของอาหารที่อุณหภูมิเดียวกัน (Mathlouthi & Rogé, 2003; Sablani et al., 2007) เนื่องจากสมบัติเฉพาะตัวของขนมลาที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงจึงสามารถดูดซับความชื้นได้มากขึ้น

เมื่อทราบลักษณะของซอร์ปชันไอโซเทอรั่มการดูดซับความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมลาแล้ว ขั้นตอนนี้จะนำความรู้ดังกล่าวมาหาค่าความชื้นวิกฤต และค่า a_w วิกฤต ของขนมลา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมลาต่อไป เนื่องจากรูปแบบไอโซเทอรั่มขนมลารอบเป็นแบบ J shape ซึ่งจะดูดซับความชื้นได้ช้าหากสภาวะแวดล้อมมีความชื้นต่ำแต่จะดูดซับความชื้นอย่างรวดเร็วเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ซึ่งลักษณะของการวางขายของขนมลานั้นจะวางขายในสภาวะอากาศปกติไม่มีการควบคุมสภาวะบรรยากาศ ดังนั้นสภาวะอากาศหรือความชื้นจะแปรผันไปในแต่ละวัน หากวันที่อากาศชื้นมากจะส่งผลต่อการดูดซับความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความกรอบ และคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ จากผลการทดลอง หากทำการลากเส้นตรงเส้นที่ 1 ทับบนเส้นกราฟไอโซเทอรั่มในช่วง a_w น้อยกว่า 0.70 และลากเส้นตรงเส้นที่ 2 ทับบนเส้นกราฟไอโซเทอรั่มในช่วง a_w มากกว่า 0.70 ซึ่งจุดตัดที่ได้จะเป็นของเส้นตรงทั้งสองเส้นนี้ คือจุดที่ขนมลามีปริมาณความชื้นร้อยละ 9.51 และค่า a_w เท่ากับ 0.75 ถือเป็นค่าความชื้นวิกฤต และค่า a_w วิกฤต ของขนมลา หากต้องการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลาให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ควรควบคุมสภาวะในการเก็บรักษาหรือคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมลาในสภาวะบรรยากาศที่ระดับ a_w ต่ำกว่า 0.75 หรือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำกว่าร้อยละ 75 เพื่อให้ขนมลามีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 9.51

แต่อย่างไรหาอาหารที่มีองค์ประกอบของน้ำตาล โดยเฉพาะกรณีของขนมลามักจะมีปัญหาด้านเนื้อสัมผัสที่นิ่มเหนียว การเกาะติดกัน หรือการเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากขนมลารอบมีความสามารถในการดูดซับความชื้นจากบรรยากาศได้ดี ส่งผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพด้านอื่น ๆ ได้ ดังนั้นผลจากงานวิจัยนี้ซึ่งได้ศึกษาพฤติกรรมการดูดซับความชื้นของขนมลา และผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมี และกายภาพในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเลือกบรรจุภัณฑ์ และควบคุมการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมลาต่อไป

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมลารอบมีคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป โดยปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และค่าเปอร์ออกไซด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ซอร์ปชันไอโซเทอรั่มการดูดซับความชื้น (Sorption isotherm) ของผลิตภัณฑ์ขนมลารอบสามารถนำมาใช้ในการประเมินสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เบื้องต้นได้ จากผลการวิจัยนี้สภาวะที่



ควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลากรอบในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในสภาวะจำลองที่ใกล้เคียงกับสภาพอากาศของประเทศไทย อีกทั้งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลา ณ สภาวะต่ำกว่าจุดวิกฤตของผลิตภัณฑ์คือ ที่ระดับ a_w เท่ากับ 0.75 และค่าความชื้นวิกฤตที่ร้อยละ 9.51 ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวแม้จะส่งผลให้ค่าปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และค่าเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น แต่การเก็บรักษาในระยะเวลา 35 วัน ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย และโปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนข้อมูลการสร้างเครือข่ายความร่วมมือการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- American Oil Chemists' Society (AOCS). (2003). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 4thed. Firestone.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). Official methods of analysis of AOAC international. 18thed. The United States of America.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). Official methods of analysis of AOAC international. 17thed. The United States of America.
- Ayranci, E., Ayranci, G., & Dogantan, Z. (1990). Moisture sorption isotherms of dried apricot, fig and raisin at 20 C and 36 C. Journal of food science, 55(6), 1591-1593.
- Baker, GL., Sims, CA., Gorbet, DA., Sanders, TH., & O'keefe, SF. (2002). Storage water activity effect on oxidation and sensory properties of high-oleic peanuts. Journal of food science, 67(5), 1600-1603.
- Bell, LN. (1995). Kinetics of non-enzymatic browning in amorphous solid systems: distinguishing the effects of water activity and the glass transition. Food Research International, 28(6), 591-597.
- Bird, P., Flannery, J., Crowley, E., Agin, J., Goins, D., & Jechorek, R. (2015). Evaluation of the 3M™ Petrifilm™ rapid yeast and mold count plate for the enumeration of yeast and mold in food: Collaborative study, first action 2014.05. Journal of AOAC International, 98(3), 767-783.
- Burnett, DJ., Thielmann, F., & Booth, J. (2004). Determining the critical relative humidity for moisture-induced phase transitions. International journal of pharmaceuticals, 287(1-2), 123-133.
- Carter, BP., Galloway, MT., Campbell, GS., & Carter, AH. (2015). The critical water activity from dynamic dewpoint isotherms as an indicator of crispness in low moisture cookies, J. Food Meas. Charact, 9(2015), 463-470.
- Cheung, PCK., & Mehta, BM. (2015). Handbook of food chemistry (Vol. 11). Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Chutchanok, B. (2020). Thai dessert tradition aspect. Journal of Thai Food Culture, 2(1), 1-13. (in Thai)
- Ellin, DM. (2007). Microbial food spoilage-Losses and control strategies. United States of America: Food Research Institute, University of Wisconsin-Madison.
- Falade, KO., Adetunji, Al., & Aworh, OC. (2003). Adsorption isotherm and heat of sorption of fresh-and osmo-oven dried plantain slices. European Food Research and Technology, 217, 230-234.
- Farhoosh, R., & Esmaeilzadeh Kenari, R. (2009). Anti-rancidity effects of sesame and rice bran oils on canola oil during deep frying. Journal of the American Oil Chemists' Society, 86(6), 539-544.



- Galić, K., Ćurić, D., & Gabrić, D. (2009). Shelf life of packaged bakery goods-A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 49(5), 405-426.
- Gonzales, AP., Naranjo, GB., Leiva, GE., & Malec, LS. (2010). Maillard reaction kinetics in milk powder: Effect of water activity at mild temperatures. *International Dairy Journal*, 20(1), 40-45.
- Harris, M., & Peleg, M. (1996). Patterns of textural changes in brittle cellular cereal foods caused by moisture sorption. *Cereal chemistry (USA)*, 73(2), 225-231.
- Hough, G., Buera, MDP., Chirife, J., & Moro, O. (2001). Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. *Journal of texture studies*, 32(1), 57-74.
- Kruangam, S., & Intipunya, P. (2013). A study of sorption isotherm and quality changes during storage of powdered longan cube. *Food and Applied Bioscience Journal*, 1(2), 102-111. (in Thai)
- Mathlouthi, M., & Rogé, B. (2003). Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. *Food chemistry*, 82(1), 61-71.
- Mollan, MJ., & Celik, M. (1995). The effects of humidity and storage time on the behavior of maltodextrins for direct compression. *International journal of pharmaceutics*, 114(1), 23-32.
- Mrad, ND., Bonazzi, C., Boudhrioua, N., Kechaou, N., & Courtois, F. (2012). Influence of sugar composition on water sorption isotherms and on glass transition in apricots. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 403-411.
- Murata, M. (2021). Browning and pigmentation in food through the Maillard reaction. *Glycoconjugate Journal*, 38, 283-292.
- Nagi, HPS., Kaur, J., Dar, BN., & Sharma, S. (2012). Effect of storage period and packaging on the shelf life of cereal bran incorporated biscuits. *American Journal of Food Technology*, 7(5), 301-310.
- Panyathitipong, W., Tempiam, S., Suttha, W., Chomshome, N., & Masavang, S. (2022). Effect of Storage Conditions on Qualities and Water Sorption Isotherm of Khanom La. *Trends in Sciences*, 19(8), 3466-3466.
- Rahman, MS., & Labuza, TP. (1999). Water activity and food preservation [Online]. Retrieved August 1, 2023, from: https://moisturecontrol.weebly.com/uploads/5/3/5/3/53532707/book_ch2-_water_activity_and_food_preservation.pdf
- Sablani, SS., Kasapis, S., & Rahman, MS. (2007). Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 266-271.
- Saša, B., Odon, P., Stane, S., & Julijana, K. (2006). Analysis of surface properties of cellulose ethers and drug release from their matrix tablets. *European journal of pharmaceutical sciences*, 27(4), 375-383.
- Sharma, S., & Riar, CS. (2020). Effect of storage period and packaging materials on textural, phenolic, antioxidant properties of cookies made from raw and germinated minor millet blends flour. *Annals: Food Science and Technology*, 21(1), 74-85.
- Tapia, MS., Alzamora, SM., & Chirife, J. (2020). Effects of water activity (aw) on microbial stability as a hurdle in food preservation. *Water activity in foods: Fundamentals and applications*, 323-355.
- Thanonkaew, A., & Ruangklay, P. (2016). Effect of frying oil on quality changes of khanom la during storage at room temperature. *Journal of Rajamangala University of Technology Srivijaya*, 8(2), 203-218. (in Thai)
- Vadukapuram, N., Hall, C., Tulbek, M., & Niehaus, M. (2014). Physicochemical properties of flaxseed fortified extruded bean snack. *International journal of food science*, 2014, 478018.
- Wang, D., Xiao, H., Lyu, X., Chen, H., & Wei, F. (2023). Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review. *Oil Crop Science*.
- Weisser, H. (1985). Influence of temperature on sorption equilibria. Dordrecht, Boston, Lancaster: Martinus Nijhoff Publishers.
- Yan, Z., Sousa-Gallagher, MJ., & Oliveira, FA. (2008). Sorption isotherms and moisture sorption hysteresis of intermediate moisture content banana. *Journal of Food Engineering*, 86(3), 342-348.



ผลของการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ในอาหารไก่ไข่ต่อผลผลิตและคุณภาพไข่
The Effect of *Tinospora crispa*, *Curcuma longa* and *Pomacea canaliculata*
Supplementation to Laying Hen Diets on Egg Production and Quality

ดวงจันทร์ โพธิสาร^{1*} อรทัย จันดากร¹ สิทธิชัย คุณเรือง¹ และ ณัฐฐิยา เกื้อทาน¹

Duangchan Photisarn^{1*} Oratai Jandakorn¹ Sittichai Koonrueng¹ and Nuttiya Kuathan¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

¹Division of Agricultural Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket Province

*Corresponding Author: duangchanpho503@gmail.com

Received: September 02, 2023

Revised: March 23, 2024

Accepted: March 27, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ ต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ไก่ โดยใช้ไก่สายพันธุ์ไฮไลน์บราว อายุ 23 สัปดาห์ จำนวน 18 ตัว โดยวางแผนการทดลองแบบ t-test มีการแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัว กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารไก่สำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารไก่สำเร็จรูปเสริมด้วยบอระเพ็ด 0.4% ขมิ้นชัน 2% และหอยเชอรี่ 15% ซึ่งอาหารแต่ละสูตรจะถูกสุ่มให้ไก่เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากการศึกษาพบว่า การเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ ส่งผลต่อค่าคะแนนสีของไข่แดง ทำให้ไข่แดงของไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมด้วยบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ มีระดับคะแนนความเข้มสีของไข่แดง 9.56 ± 0.05 เพิ่มขึ้นสูงกว่าไข่ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารไก่สำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว (กลุ่มควบคุม) ที่มีคะแนนความเข้มสีไข่แดง 9.22 ± 0.09 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ ในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ในด้านอื่น

คำสำคัญ: ไก่ไข่ บอระเพ็ด ขมิ้นชัน หอยเชอรี่

Abstract

The study aimed to investigate the effects of supplementing laying hen diets with *Tinospora crispa*, *Curcuma longa*, and *Pomacea canaliculata* on egg production performance and quality. Eighteen 23-week-old Hy-Line Brown laying hens were divided into two groups, each with three replicates of three hens, for a t-test experiment. Group 1 received only commercial feed (control), while Group 2 received commercial feed supplemented with 0.4% *Tinospora crispa*, 2% *Curcuma longa*, and 15% *Pomacea canaliculata*. Each group was randomly assigned their respective diets for 4 weeks. The study found that supplementing with *Tinospora crispa*, *Curcuma longa*, and *Pomacea canaliculata* affected the color score of the egg yolk, with eggs from hens fed the supplemented diet having a significantly higher color score (9.56 ± 0.05) compared to those fed commercial feed only (control), which had a color score of 9.22 ± 0.09 ($P < 0.05$). However, there



was no significant effect of supplementing *Tinospora crispa*, *Curcuma longa* and *Pomacea canaliculata* in laying hen diets on production performance and other aspects of egg quality.

Keywords: Laying hen, *Tinospora crispa*, *Curcuma longa*, *Pomacea canaliculata*

1. บทนำ

ไข่ไก่เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมสูงจากผู้บริโภค เนื่องจากเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู (Fredriksson et al., 2006) ทำให้ผู้บริโภคมีความนิยมรับประทานไข่ไก่ และมีความต้องการไข่ไก่มากขึ้น ส่งผลให้อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ไข่รวมถึงการเลี้ยงไก่ไข่ของเกษตรกรรายย่อยเพื่อบริโภคในครัวเรือนและจำหน่ายในชุมชนขยายตัวมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ไข่มีการพัฒนาในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ไก่ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาในด้านของสูตรอาหารเลี้ยงไก่ไข่สำเร็จรูป มีการพัฒนาสูตรอาหารหลากหลายสูตรเพื่อความสะดวกให้กับเกษตรกรสามารถเลือกพิจารณาใช้ได้ตามความต้องการ แต่ในปัจจุบันพบว่าอาหารสำเร็จรูปดังกล่าวมีแนวโน้มราคาสูงขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงไก่เพิ่มขึ้น และนอกจากนี้อาหารแต่ละสูตรนั้นมักจะมีการเติมสารสังเคราะห์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไข่ไก่ เช่น ยาปฏิชีวนะ ซึ่งอาจทำให้พบสารตกค้างในไข่และผลิตภัณฑ์จากไข่ ดังนั้นการเลือกใช้สารเสริมในอาหารไก่ไข่ที่มาจากธรรมชาติถือว่าเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ ได้ผลิตไข่ไก่ปลอดภัย และอาจส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงไก่ไข่ได้อีกด้วย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการศึกษาสารเสริมในอาหารไก่ไข่ที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ บอระเพ็ด และขมิ้นชัน ซึ่งเป็นสารเสริมจากธรรมชาติในกลุ่มสมุนไพร ซึ่งบอระเพ็ด (*Tinospora crispa* L.) เป็นสมุนไพรทางเลือกเพื่อรักษาอาการป่วย เช่น รักษาอาการบาดเจ็บภายใน เพิ่มความอยากอาหาร โดยสารออกฤทธิ์ที่สำคัญที่พบในบอระเพ็ด ได้แก่ กลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ฟลาโวนไกลโคไซด์ (Flavone glycosides) อัลคาลอยด์ (Alkaloids) ไดเทอร์พีน (Diterpenes) นิวคลีโอไซด์ (Nucleosides) สเตอรอล (Sterols) ไตรเทอร์พีน (Triterpenes) ไดเทอร์พีนไกลโคไซด์ (Diterpene glycosides) แลคโตน (Lactones) ลิกแนน (Lignan) และ cis-Clerodane-type furanoditerpenoids เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Ahmad et al., 2016) และนอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Zulkefli et al., 2013) มีผลกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน (Abood et al., 2014) และมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Jakhar, 2016) สำหรับขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นสมุนไพรประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ เช่น เคอร์คูมิน (Curcumin) ดีเมท็อกซีเคอร์คูมิน (Demethoxy curcumin) บิสดีเมท็อกซีเคอร์คูมิน (Bisdemethoxycurcumin) และเตตระไฮโดรเคอร์คูมินอยด์ (Tetrahydrocurcuminoids) (Kiuch et al., 1993) นอกจากสารเสริมในกลุ่มสมุนไพรที่ส่งเสริมสุขภาพแล้ว ในการศึกษาครั้งนี้ยังมีการเสริมสารธรรมชาติในกลุ่มสารที่มีโปรตีนสูง ได้แก่ หอยเชอรี่ *Pomacea canaliculata* Lamarck, 1822) ซึ่งปกติจะมีการขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว และเป็นศัตรูของพืช เกิดปัญหากัดกินต้นข้าวช่วงวัยอ่อน เกษตรกรสามารถเก็บหอยเชอรี่มาเตรียมเป็นอาหารสัตว์ได้ ซึ่งหอยเชอรี่มีคุณสมบัติสามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ได้ โดยมีโปรตีนสูงถึง 48.5% และมีส่วนประกอบที่เป็น Essential amino acids สูงถึง 39.7% (Ghosh et al., 2017)

จากคุณสมบัติข้างต้นของบอระเพ็ด และขมิ้นชัน ถือได้ว่าเป็นสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารเสริมสุขภาพที่สามารถเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ต้านการเกิดอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบของร่างกาย และหอยเชอรี่ ที่เป็นศัตรูข้าวในนา แต่เป็นแหล่งวัตถุดิบโปรตีนสูง ซึ่งเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง หากสามารถนำสมุนไพรในท้องถิ่น คือ บอระเพ็ด และขมิ้นชัน และแหล่งโปรตีนที่เป็นศัตรูพืช คือ หอยเชอรี่ มาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ทางเลือกให้กับเกษตรกร เพื่อผลิต



ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริม บอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ ต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ไก่

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 สัตว์ทดลอง การจัดกลุ่มทดลอง อาหารทดลอง

การทดลองนี้ใช้ไก่ไข่พันธุ์ไฮไลน์บราว เพศเมีย อายุ 23 สัปดาห์ จำนวน 18 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบ *t*-test แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เลี้ยงไก่ด้วยอาหารไก่สำเร็จรูป (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มที่ 2 เลี้ยงไก่ด้วยอาหารไก่สำเร็จรูปเสริมด้วยบอระเพ็ด 0.4% ขมิ้นชัน 2% และหอยเชอรี่ 15%

อาหารทดลองแต่ละกลุ่มมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังแสดงใน Table 1 ในการศึกษาทำการเลี้ยงไก่เป็นเวลา 9 สัปดาห์ โดยช่วงแรกของการทดลองทำการปรับสัตว์ด้วยการเลี้ยงไก่ด้วยอาหารสูตรควบคุม (อาหารไก่สำเร็จรูปโปรตีน 16%) เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ตั้งแต่อายุ 19 - 23 สัปดาห์ เพื่อเป็นการปรับสภาพสัตว์ทดลอง หลังจากนั้นนำไก่ที่ปรับสภาพสัตว์ทดลองแล้วที่อายุ 23 สัปดาห์ สุ่มเข้างานทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ *t*-test โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัว เลี้ยงด้วยอาหารทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ตั้งแต่อายุ 24 - 27 สัปดาห์ ในการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ ทำการเสริมในลักษณะแห้งบดมีขนาด 1-2 เซนติเมตร เพิ่มลงในอาหารสูตรควบคุม เลี้ยงไก่ทดลองในคอกขังรวมโรงเรือนระบบเปิด ให้อาหารไก่วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) และให้น้ำดื่มอย่างเต็มที่ ก่อนการทดลองมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไก่ได้แก่ วัตถุดิบ และโปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2000)

Table 1. Nutrition composition of experimental diets.

Composition	Experimental diets	
	Group 1	Group 2
Dry matter (%)	93.10	91.80
Crude protein (%)	16.60	20.30

Note; Group 1: commercial feed (Control)

Group 2: commercial feed + *Tinospora crispa* (0.4%) + *Curcuma longa* (2%) + *Pomacea canaliculata* (15%)

2.2 การวัดสมรรถนะการผลิตไข่

ในระหว่างการทดลองทำการบันทึกจำนวนไข่ไก่ ปริมาณการกิน และน้ำหนักไข่ทุกวัน นำค่าที่บันทึกมาคำนวณค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

$$1) \text{ ปริมาณอาหารที่กินได้ (Feed intake) (กรัม/ตัว/วัน) = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินตลอดการทดลอง (กรัม)}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด (ตัว)}} \dots\dots(1)$$

$$2) \text{ ผลผลิตไข่ (Hen-day egg production) (%) = \frac{\text{จำนวนไข่ตลอดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนไก่} \times \text{จำนวนวัน}} \dots\dots\dots(2)$$



3) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (Feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินตลอดการทดลอง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักไข่ที่ผลิตได้ (กรัม)}} \dots\dots\dots(3)$$

2.3 การวัดคุณภาพไข่

สุ่มตัวอย่างไข่เพื่อตรวจคุณภาพไข่โดยการสุ่มเก็บไข่เข้าละ 2 ฟอง ทุก ๆ 3 วัน ตรวจสอบคุณภาพไข่ ได้แก่ คะแนนสีของไข่แดง (Yolk color score) ด้วยพัดสีโรช (Roche color fan) ความหนาเปลือกไข่ (Eggshell thickness) น้ำหนักเปลือกไข่ (Eggshell weight) และน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง

$$\text{น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (Egg weight) (กรัม/ฟอง)} = \frac{\text{น้ำหนักไข่ทั้งหมด (กรัม)}}{\text{จำนวนไข่ทั้งหมด (ฟอง)}} \dots\dots\dots(4)$$

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ *t*-test โดยการเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มการทดลอง ผลการทดลองจะแสดงเป็นค่าเฉลี่ยบวกลบค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากการทดสอบ 3 ซ้ำ (Mean $\pm$ SE, *n* = 3) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistics package for the social sciences (SPSS)

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลของการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถนะการผลิตไข่ไก่

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณอาหารที่กินได้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ และผลผลิตไข่ของไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับการเสริมและไม่เสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (*p* $\geq$ 0.05) ดังแสดงใน Table 2

Table 2. Effect of *Tinospora crispa*, *Curcuma longa* and *Pomacea canaliculata* supplementation on egg production of laying hens.

Parameter	Experimental diets		P-value
	Group 1	Group 2	
Feed intake (g/hen/day)	126.65 $\pm$ 3.98	122.98 $\pm$ 2.93	0.49
Feed conversion ratio (Kg feed/kg egg)	2.31 $\pm$ 0.13	2.33 $\pm$ 0.09	0.88
Hen-day egg production (%)	73.66 $\pm$ 5.80	65.02 $\pm$ 1.79	0.23

Note: Group 1: commercial feed (Control)

Group 2: commercial feed + *Tinospora crispa* (0.4%) + *Curcuma longa* (2%) + *Pomacea canaliculata* (15%)



3.2 ผลของการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

จากการศึกษาพบว่า น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง น้ำหนักเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่ของไก่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีการเสริมและไม่เสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่พบว่าการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ในอาหารไก่ไข่ส่งผลต่อคะแนนระดับความเข้มของสีไข่แดง โดยค่าคะแนนสีของไข่แดงของไก่ไข่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่มีค่าคะแนนสีไข่แดงเพิ่มขึ้นและสูงกว่าแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 3

Table 3. Effect of *Tinospora crispa*, *Curcuma longa* and *Pomacea canaliculata* supplementation on egg quality of laying hens.

Parameter	Experimental diets		P-value
	Group 1	Group 2	
Egg weight (g)	54.93 $\pm$ 1.79	52.65 $\pm$ 0.86	0.31
Eggshell weight (g)	7.42 $\pm$ 0.08	7.57 $\pm$ 0.03	0.17
Eggshell thickness (mm)	0.37 $\pm$ 0.01	0.40 $\pm$ 0.02	0.29
Yolk color score	9.22 $\pm$ 0.09	9.56 $\pm$ 0.05	0.03

Note: Group 1: commercial feed (Control)

Group 2: commercial feed + *Tinospora crispa* (0.4%) + *Curcuma longa* (2%) + *Pomacea canaliculata* (15%)

4. อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมด้วยบอระเพ็ด 0.4% ขมิ้นชัน 2% และหอยเชอรี่ 15% ผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าปริมาณอาหารที่กินได้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง น้ำหนักเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากไก่ไข่ที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว (กลุ่มควบคุม) ($p \geq 0.05$) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาในกลุ่มของสัตว์ปีก ได้แก่ การศึกษาการเสริมหอยเชอรี่ป่นในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตไข่ในนกกระทาญี่ปุ่น จากผลการทดลองพบว่าสามารถเสริมหอยเชอรี่ป่นในอาหารได้ถึงระดับร้อยละ 10 ในสูตรอาหาร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตไข่ และไม่ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อค่าโลหิตวิทยาในนกกระทา (Phumrojana et al., 2018) การวิจัยในครั้งนี้มีการเสริมอาหารด้วยขมิ้นชัน 2% ร่วมกับบอระเพ็ดและหอยเชอรี่นั้น มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Thannark et al. (2023) ที่พบว่าการใช้ขมิ้นชันในอาหารนกกระทาที่ระดับ 0.15% ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ และคุณภาพไข่ของนกกระทา และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Gumus et al. (2018) ที่พบว่าการเสริมขมิ้นที่ระดับ 0.5% ทำให้สมรรถนะการผลิตไข่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม Rattanawut et al. (2021) ก็พบว่าการเสริมขมิ้นชันที่ระดับ 0.4% ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ เมื่อพิจารณาที่ผลของการเสริมบอระเพ็ดในอาหาร Maneewan et al. (2019) ได้ศึกษาผลการเสริมบอระเพ็ด 0.1% ร่วมกับสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.4% ในอาหารอินทรีย์ที่มีข้าวโพด 10% พบว่าผลการเสริมวัตถุดิบดังกล่าวมีสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ซึ่งในบอระเพ็ดมีสรรพคุณกระตุ้นการกินอาหารและทำให้สุขภาพดี (Ahmad et al., 2016) และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Zulkefli et al., 2013) ซึ่งจากการศึกษาของ Siriphongsathat et al. (2018) พบว่าการเสริมสารสกัดหยาบบอระเพ็ดในอาหารไก่เนื้อ 0.1% เพียงพอสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพเนื้อและมีแนวโน้มลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในไส้ติ่ง ส่งผลให้ไก่มีสุขภาพดี



จากการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าการเสริมบอระเพ็ด 0.4% ขมิ้นชัน 2% และหอยเชอรี่ 15% ในอาหารไก่ไข่มีผลต่อค่าคะแนนสีของไข่แดงทำให้ระดับคะแนนสีของไข่แดงสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ มีอิทธิพลทำให้สีแดงในไข่แดงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าสีของไข่แดงที่เพิ่มขึ้นมีผลมาจากสาร Curcuminoids ซึ่งเป็นสารที่มีสีเหลือง-ส้ม พบในขมิ้นชัน (Ramirez-Tortosa et al., 1999) มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับสารแคโรทีนอยด์ ที่เป็นสารสีสะสมอยู่ในไข่แดง มีผลทำให้สีของไข่แดงเข้มขึ้น (Radwan et al. 2008) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงสอดคล้องกับการศึกษาการใช้ขมิ้นชันในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 1% ซึ่งส่งผลให้เกิดค่าสีไข่แดงมากกว่ากลุ่มควบคุม (Riasi et al., 2012)

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเสริมบอระเพ็ด 0.4% ขมิ้นชัน 2% และหอยเชอรี่ 15% ในสูตรอาหารไก่ไข่ส่งผลให้ค่าคะแนนสีของไข่แดงของไข่ไก่มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งถือได้ว่าการเสริมบอระเพ็ด ขมิ้นชัน และหอยเชอรี่ ในอาหารไก่ไข่มีผลต่อการพัฒนาระดับคะแนนสีไข่แดงเพิ่มขึ้น และให้ผลสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ในด้านอื่นไม่แตกต่างจากการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว (กลุ่มควบคุม) อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นประโยชน์ในเชิงการค้า ควรมีการศึกษาต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ต่อไป เพื่อให้ทราบข้อมูลการลดต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไข่ (บาท/ไข่ 1 กิโลกรัม)

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ ส่งผลให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- Abood, WN., Fahmi, I., Abdulla, MA., & Ismail, S. (2014). Immunomodulatory effect of an isolated fraction from *Tinospora crispa* on intracellular expression of INF- γ , IL-6 and IL-8. BMC complementary and alternative medicine, 14, 205.
- Ahmad, W., Jantan, I., & Bukhari, SNA. (2016). *Tinospora cordifolia* (L.) Hook. F. & Thomson: A review of its ethnobotanical, phytochemical, and pharmacological aspects. Frontiers in Pharmacology, 7(59), 1-19.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). Official methods of analysis. 17th Edition. USA: Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Md.
- Fredriksson, S., Elwinger, K., & Pickova, J. (2006). Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. Food Chemistry, 99(3), 530-537.
- Ghosh, S., Jung, C., & Meyer-Rochow, VB. (2017). Snail as mini-livestock: nutritional potential of farmed *Pomacea canaliculata* (Ampullariidae). Agriculture and Natural Resources, 51, 504-511.
- Gumus, H., Oguz, MN., Bugdayci, KE., & Oguz, FK. (2018). Effects of sumac and turmeric as feed additives on performance, egg quality traits, and blood parameters of laying hens. Revista Brasileira de Zootecnia, 47, e20170114.
- Jakhar, K. (2016). Studies on *in vitro* antibacterial activity of *Tinospora cordifolia* stem extract on *Escherichia coli*. Veterinary Research International, 4(2), 74-77.
- Kiuch, F., Goto, Y., Sugimoto, N., Akao, N., Kondo, K., & Tsuda, Y. (1993). Nematocidal activity of turmeric: synergistic action of curcuminoids. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 41(9), 1640-1643.
- Maneewan, B., Hamprakorn, K., Buwjoorn, T., & Yachai, M. (2019). The using of spirulina platensis including *Tinospora cordifolia* crude extract in low corn level organic laying hen diet. Khon Kaen Agriculture Journal, 47(2), 605-610. (in Thai)



- Phumrojana, P., Chukerd, N., Klaiyoo, T., & Katechan, N. (2018). Effect of golden apple snail meal (*Pomacca Canaliculata*, Lamarck) in diets on egg production and hematological values in Japanese quail (*Coturnix japonica*). Khon Kaen Agriculture Journal, 46(1), 669-675. (in Thai)
- Radwan NL., Hassan, RA., Qota, EM., & Fayek, HM. (2008). Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. International Journal of Poultry Science, 7(2), 134-150.
- Ramirez-Tortosa, MC., Mesa, MD., Aguilera, MC., et al. (1999). Oral administration of turmeric extract inhibits LDL oxidation and has hypocholesterolemic effects in rabbits with experimental atherosclerosis. Atherosclerosis, 147, 371-378.
- Rattanawut, J., Khamseekhiew, B., Pimpa, O., Pastsart, U., & Todsadee, A. (2021). Effects of paprika and turmeric supplementation in diet on production performance and egg yolk color of laying hens. Khon Kaen Agriculture Journal, 49(Special issue 2), 187-191. (in Thai)
- Riasi, A., Kemanshahi, H., & Mahdavi, AH. (2012). Production performance, egg quality and some serum metabolites of older commercial laying hens fed different levels of turmeric rhizome (*Curcuma longa*) powder. Journal of Medicinal Plants Research, 6, 2141-2145.
- Siriphongsathat, T., Maneewan, B., Buwjoom, T., & Panatuk, J. (2018). Effect of *Tinospora cordifolia* crude extract supplementation in broiler diet on production performance, meat quality and number of cecal *Escherichia coli* (*E. coli*) and lactic acid bacteria. Journal of Agricultural Research and Extension, 35(Special issue 2), 74-81. (in Thai)
- Thannark, P., Yingkamhaeng, N., Jampakam, P., Chuaynoo, Y., Seangngam, T., & Wattanapunsak, W. (2023). Impact of turmeric, ginger and their combination of dietary supplementation on performance and egg quality in laying Japanese quails. Khon Kaen Agriculture Journal, 51(2), 210-217. (in Thai)
- Zulkefli, HN., Mohamad, J., & Abidin, NZ. (2013). Antioxidant activity of methanol extract of *Tinospora cordifolia* and *Tabernaemontana corymbosa*. Sains Malaysiana, 42(6), 679-706.

ติดต่อวารสาร

คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
319 ถนนไทยพันทท่า ตำบลโพธิ์ อำเภอเมืองศรีสะเกษ
จังหวัดศรีสะเกษ 33000