



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ISSN 1906-1889

Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563 Vol. 13 No. 2 July - December 2020



จริยธรรม/จรรยาบรรณวารสาร

ผู้แต่ง (Authors)

1. ผู้แต่งต้องรับรองว่าผลงานที่ส่งมานั้นเป็นผลงานใหม่ และไม่เคยนำเสนอในรูปแบบรายงานการประชุม (Proceedings) หรือได้รับการตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน รวมทั้งการไม่อยู่ระหว่างการส่งหรือรอเพื่อการตีพิมพ์บทความ
2. ผู้แต่งต้องเขียนบทความวิจัยให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดของวารสาร ตามคำแนะนำของรายละเอียดการจัดเตรียมต้นฉบับ มิฉะนั้นทางบรรณาธิการวารสารจะไม่รับพิจารณาบทความนั้น ๆ
3. บทความต้องนำเสนอรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูลหรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
4. ผู้แต่งต้องไม่นำผลงานของผู้อื่นมาอ้างเป็นผลงานของตนเอง โดยบทความต้องมีการอ้างอิงอย่างถูกต้อง หากมีการนำผลงานผู้อื่นมาอ้างอิง และจะต้องจัดทำรายการอ้างอิงของผู้นั้นในรายการอ้างอิงท้ายบทความด้วย
5. ผู้แต่งที่มีชื่อปรากฏในบทความ จะต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการดำเนินการวิจัยจริง และผู้แต่งจะต้องระบุการไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน (กรณีที่เกี่ยวข้องต่อการส่งบทความ)
6. ผู้แต่งต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนในการทำวิจัยในกิตติกรรมประกาศ

บรรณาธิการวารสาร (Editors)

1. มีหน้าที่พิจารณารูปแบบความครบถ้วนและคุณภาพของบทความ ก่อนเริ่มกระบวนการประเมินเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่รับผิดชอบ และต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้นิพนธ์และผู้ประเมินบทความ แก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความและการตีพิมพ์วารสารฉบับนั้น ๆ
2. เป็นผู้ประเมินเบื้องต้นในการตัดสินใจคัดเลือกบทความเข้าสู่กระบวนการประเมินบทความ และตัดสินใจรับตีพิมพ์โดยพิจารณาจากผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งนี้บรรณาธิการวารสารจะต้องคำนึงถึง ความใหม่ ความชัดเจน และความสอดคล้องของเนื้อหา กับนโยบายของวารสารเป็นสำคัญ
3. บรรณาธิการวารสารจะไม่รับตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่จากที่อื่นมาแล้ว ทั้งในรูปแบบของวารสารหรือบทความหลังการนำเสนอในที่ประชุมวิชาการฉบับเต็ม (Proceedings) และต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง โดยใช้โปรแกรมที่ยอมรับในทางวิชาการ และกรณีตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่น บรรณาธิการวารสารต้องติดต่อผู้นิพนธ์หลักเพื่อขอคำชี้แจง และหากไม่มีข้อชี้แจงตามหลักวิชาการ บรรณาธิการจะ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้น ๆ
4. บรรณาธิการวารสารต้องไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหรือเพียงด้วยข้อสงสัยความไม่แน่ใจ จนกว่าจะมีหลักฐานมาพิสูจน์ข้อสงสัยเหล่านั้น
5. บรรณาธิการวารสารจะต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใด ๆ กับผู้นิพนธ์ ผู้ประเมินบทความ และทีมผู้บริหาร

ผู้ประเมินบทความ (Reviewers)

1. ผู้ประเมินบทความจะต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้นิพนธ์ เช่น เป็นผู้ร่วมโครงการ หรือรู้จักผู้นิพนธ์ เป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่น ๆ ที่จะทำให้ผู้ประเมินไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะได้อย่างอิสระ ซึ่งหากมีกรณีดังกล่าวผู้ประเมินบทความควรแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบ และปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ และต้องไม่เปิดเผยข้อมูลใด ๆ ของบทความและผู้นิพนธ์แก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
2. ผู้ประเมินบทความ ควรมีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาของบทความที่ประเมิน โดยพิจารณาจากเนื้อหาของบทความ และการประเมินบทความโดยพิจารณาจากความสำคัญ ความใหม่ ความชัดเจน ความสอดคล้องของเนื้อหา และความเข้มข้นของบทความ ไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลทางวิชาการรองรับมาเป็นหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจบทความ
3. ผู้ประเมินบทความสามารถเสนอแนะผลงานวิจัยที่สำคัญ ๆ และสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมิน แต่ผู้นิพนธ์ไม่ได้อ้างถึงเข้าไปในการประเมินบทความได้ นอกจากนี้ หากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือนหรือความซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ โดยมีหลักฐานชัดเจน ผู้ประเมินบทความต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบ และปฏิเสธการตีพิมพ์บทความนั้น ๆ



วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563 Vol.13 No.2 July - December 2020

Institute of Research and Development

Rajamangala University of Technology Tawan-ok

ISSN 1906-1889

วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก



วัตถุประสงค์เพื่อ

1. เป็นสื่อ รวบรวมเผยแพร่งานวิจัยด้าน (1) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์สุขภาพ (2) เกษตรศาสตร์และอุตสาหกรรมเกษตร (3) วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้มีการนำผลงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เป็นการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลงานของงานวิจัยสู่ระดับมาตรฐานสากล
3. เสริมสร้างให้เกิดผลงานวิจัยใหม่ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทย

ผู้จัดพิมพ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

กำหนดการเผยแพร่

ตีพิมพ์ 2 ฉบับต่อปี และเผยแพร่ในเว็บไซต์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

การเผยแพร่

มอบให้หน่วยงาน/บุคคลที่สนใจ และเผยแพร่ในเว็บไซต์ ThaiJO

สำนักงาน

สำนักงานวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อาคารสำนักงานอธิการบดี ชั้น 5

เลขที่ 43 ม.6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

โทร. 0-3835-8201 ต่อ 8508-8510

โทรสาร 0-3835-8142

E-mail : journal2rmutto@gmail.com



ชลกิจการพิมพ์

47 ถ.ศรีราชานคร 1 ต.ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

โทร. 038-324711 E-mail : chonlakit555@hotmail.com

วารสารวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

Vol. 13 No. 2 July - December 2020

ISSN 1906-1889



เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ฤกษ์ชัย พุประทีปศิริ

ศ.ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร

ศ.ดร.พัฒนา ศรีฟ้า ฮุนเนอร์

ศ.ดร.สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร

รศ.ดร.จำเริญ อ่อนทอง

รศ.ดร.อมรรัตน์ มุขประเสริฐ

รศ.ดร.ดุสิต เวชกิจ

รศ.นสพ.ดร.สุวิชัย โรจนเสถียร

รศ.ดร.สมเกียรติ สายธนู

รศ.ดร.กฤษณมภ์ ภูมิภิตติพิชญ์

รศ.ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก

ดร.จตุพร อรุณกมลศรี

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร.สิน พันธุ์พินิจ

ศ.ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร

ศ.ดร.พัฒนา ศรีฟ้า ฮุนเนอร์

ศ.ดร.เสาวภา อังสุภาณิช

ศ.ดร.สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร

ศ.ดร.สุวัจน์ ธีรวิชัย

ศ.ดร.สนั่น จอกลอย

รศ.ดร.จำเริญ อ่อนทอง

รศ.ดร.อมรรัตน์ มุขประเสริฐ

รศ.ดร.ดุสิต เวชกิจ

รศ.นสพ.ดร.สุวิชัย โรจนเสถียร

รศ.ดร.สมเกียรติ สายธนู

รศ.ดร.กฤษณมภ์ ภูมิภิตติพิชญ์

รศ.ดร.วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย

ม.เกษตรศาสตร์

สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์

ม.สงขลานครินทร์

ม.ขอนแก่น

มทร.ศรีวิชัย

ม.ขอนแก่น

ม.สงขลานครินทร์

มจพ.

ม.สุโขทัยธรรมาธิราช

ม.เชียงใหม่

ม.ราชภัฏลำปาง

มทร.ธัญบุรี

ม.บูรพา

บรรณาธิการ

รศ.ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

สพญ.ดร.มนัน ชาญนาสิน

อ.ดนุวัฒน์ สุวรรณศิลป์

ผลงานวิจัยหรือบทความที่ปรากฏในวารสารนี้เป็นแนวคิดและความรับผิดชอบของผู้เขียน ไม่ใช่แนวคิดของคณะผู้จัดทำ กองบรรณาธิการ ไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอก แต่ควรระบุแหล่งอ้างอิงจาก วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกฉบับนี้ เป็นฉบับประจำปีที 13 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม) ประกอบด้วยบทความวิจัยที่น่าสนใจและมีประโยชน์ทางด้านวิชาการ ทั้งในทางด้านเกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร สัตวศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และด้านอื่น ๆ โดยได้ผ่านการตรวจพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารฯ ที่คุณวุฒิตรงตามสายงานวิชาการ สำหรับบทความวิจัยที่ยังไม่ได้ตีพิมพ์ในฉบับนี้ เนื่องจากยังอยู่ในระหว่างการตรวจพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ ทางกองบรรณาธิการและคณะผู้จัดทำจะได้เร่งติดตามและส่งให้นักวิจัยได้ตรวจแก้ไขเพื่อตีพิมพ์ในฉบับต่อไป ซึ่งหากมีความล่าช้าไปบ้างก็ต้องขออภัย เนื่องจากทางวารสารต้องรักษาไว้ซึ่งคุณภาพทางด้านวิชาการ โดยบทความวิจัยต้องผ่านการตรวจแก้ไขและประเมินเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 ท่าน จึงจะได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสารฯ หรือหากบทความเรื่องใดถูกประเมินไม่ผ่าน ผู้แต่งก็จะได้นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิไปปรับปรุงแก้ไขผลงานให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นต่อไป

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกหวังเป็นอย่างยิ่งว่า บทความวิจัยในวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา และผู้อ่านทุกท่าน และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้กรุณาในการตรวจประเมินแก้ไขบทความวิจัย คณาจารย์และนักวิจัยที่ได้ส่งบทความวิจัยมาลงตีพิมพ์เผยแพร่ และผู้ที่เกี่ยวข้องในการจัดเตรียมต้นฉบับทุกท่าน จนทำให้วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา

บรรณาธิการ

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

สารบัญ

หน้า

การประยุกต์ใช้แบงก์กล้วยไข่เพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน.....	1
สุนทรณ์ พักเพื่อง	
ชนิดปลาต่างถิ่นในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน	9
อมรชัย ล้อทองคำ และ เขาวลัย ใจสุข	
การศึกษาศาณการณสารเร่งเนื้อแดงตกค้างในเนื้อโคจังหวัดมหาสารคาม	20
รพีพัฒน์ นาภิรักษ์ เกียรติศักดิ์ พิมพ์จ่อง สุขกมล เกตุพลทอง และ ผกาพรรณ เพ็ญยวงษ์	
Effect of Artificial Feed and Algae on Growth Rate of Thorny Oyster (<i>Spondylus varians</i>).....	27
Saetung, C., Jamsawat, V., Nuklad, N., Tongjun, J. and Kasamechotchung, C.	
การใช้เทคโนโลยี QR-Code เพื่อการประชาสัมพันธ์วิสาหกิจชุมชน กลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ ตำบลบ่อสวก อำเภอเมือง จังหวัดน่าน.....	34
พัชรภรณ์ หงษ์สืบสอง และ ศรินทรา ก่ออิสระ	
เครื่องนับจำนวน โบลว์ เคาท์ ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	42
ชัยยศ คำมี	
การศึกษากายวิภาคศาสตร์และเส้นใยเชื่อมโยงในสมองใหญ่ของสุกร โดยการชำแหละ และการตัด sections สมอง.....	50
บรรณารักษ์ แก้วจรรยา และ ยุวดี คงภิมย์ขึ้น	
ความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของแมลงน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร.....	58
บุญทิพา ขาดิขันธ์ สมศักดิ์ ระยัน สุภัญญา คำหล้า และ อมรรัตน์ รังสิวิวัฒน์	
ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับห้องปฏิบัติการ	68
อัคมพงศ์ สถาวรินทุ และ ไกรสร รวยป้อม	
การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเครื่องปั้นดินเผาเพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิต และวัสดุสำหรับการสร้างปะการังเทียม	77
ยิ่งยง รุ่งฟ้า พรชัย อัจฉริยเมธากร มธุรส ชาวไร่ปราน วุฒิชัย ยังสว่าง และ ธัญญพัทธ์ วัฒนจิรพันธุ์	

การประยุกต์ใช้แป้งกล้วยไข่เพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน

Application of Golden Banana Flour to Increase Fiber Content in Soft Bread Products

สุนทรณ์ ฟักเฟื่อง

Sunthon Fakfoung

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology
Tawan-ok

e-mail sunthon282516@gmail.com; มือถือ 088 5724500

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้แป้งกล้วยไข่เพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน โดยแปรปริมาณแป้งกล้วยไข่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วน ที่ระดับร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50 และ 75 (โดยน้ำหนักแป้ง) ผลการทดลองพบว่า ระดับการทดแทนที่เหมาะสมที่สุดในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน คือ การทดแทนด้วยแป้งกล้วยไข่ ในปริมาณร้อยละ 25 โดยการทดแทนที่ระดับนี้ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม มากที่สุด และมากกว่าการทดแทนที่ระดับร้อยละ 50 และ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจาก ชุดควบคุม ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยังมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดและมากกว่าการทดแทนที่ระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม การทดแทนด้วยแป้งกล้วยไข่ในปริมาณร้อยละ 25 นี้มีค่าคะแนน ความชอบด้านสีไม่แตกต่างกับชุดการทดลองอื่น ๆ ($P > 0.05$) จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ขนมปัง พบว่า เมื่อปริมาณแป้งกล้วยไข่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างและการขึ้นฟูของขนมปังลดลง แต่ทำให้ค่าสีแดง และค่าแรงตัดเพิ่มขึ้น ส่วนผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี พบว่า ขนมปังหวานที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยไข่ทุกระดับ มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นตามปริมาณ แป้งกล้วยไข่ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อนำขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ร้อยละ 25 ไปทดสอบกับผู้บริโภค จำนวน 30 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ (ร้อยละ 75) ยอมรับ โดยมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รส และความชอบ โดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

คำสำคัญ : กล้วยไข่ แป้งกล้วย เส้นใย ขนมปังหวาน

Abstract

The objective of this study was to investigate the use of golden banana flour to substitute wheat flour in soft bread. The substitution of wheat flour with golden banana flour at 0 (control), 25, 50 and 75 percent by weight of whole flour on soft bread production was further carried out. Results found that optimal of using golden banana flour to substitute wheat flour in soft bread was 25 percent. This substitution level resulted in higher sensory score in term of odor, flavor, and general acceptability, than the substitution level at 50 and 75 percent ($P \leq 0.05$), but it was not different from control group ($P > 0.05$). It also had highest texture preference scores than substitutes at other levels ($P \leq 0.05$). However, its preference score for color was not different from other groups ($P > 0.05$). The value of lightness, bread volume decreased when the proportion of golden banana flour substituted to wheat flour was increased. However, the value of redness and shear force was in vice versa. Almost chemical properties such moisture, fat lipid ash and carbohydrate were not

significant different among all treatment ratios ($P > 0.05$). However, a fiber property was increased; when, the proportion of golden banana flour substituted to wheat flour was increased. Consumer test was conducted with 30 consumers and the majority of the tested consumers (75%) accepted soft bread substituted with 25% of golden banana flour.

Keywords : Golden Banana, Banana Flour, Fibber, Soft Bread

1. บทนำ

ขนมปังหวาน เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทย ขนมปังหวานมีวัตถุดิบหลักในการผลิต คือ แป้งสาลี หรือแป้งเค้ก ทำให้ขนมปังหวานซึ่งมีแป้งเป็นส่วนผสมหลัก อุดมไปด้วยพลังงาน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน แต่ให้ปริมาณกากใยต่ำ การบริโภคในปริมาณที่มากอาจเป็นสาเหตุของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด และโรคเบาหวาน เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวผลักดันให้มีการศึกษาวิจัยที่นำวัตถุดิบที่มีกากใยสูง มาเป็นส่วนผสมเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เช่น สาหร่ายผักกาดทะเล (Yuenyongputtakal *et al.*, 2014) เป็นต้น แป้งกล้วยได้รับความสนใจนำมาทดแทนบางส่วนของแป้งสาลี โดยแป้งกล้วย เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกล้วยดิบมาแปรรูปเป็นแป้ง ซึ่งนับว่าเป็นการถนอมอาหารรูปแบบหนึ่ง และสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้แก่ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และผลิตภัณฑ์ขนมไทย กล้วยดิบมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย น้ำ แป้ง โปรตีน ไขมัน เส้นใย วิตามิน เกลือแร่ต่าง ๆ โดยมีปริมาณแป้ง แคลเซียม เหล็ก และโปแตสเซียม สูงกว่าแป้งชนิดอื่น ๆ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารอื่น ๆ ได้แก่ เอนไซม์เพคติน แทนนิน ฯลฯ ทำให้มีสมบัติต้านทานการย่อย (resistant starch; RS) ซึ่งมีประโยชน์ต่อการย่อยของกระเพาะอาหาร ช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ และลดการอักเสบในลำไส้ ช่วยในการปรับสมดุลในร่างกาย และระบบการทางเดินอาหาร ลดความอยากอาหาร ช่วยควบคุมระดับน้ำตาล มีผลต่อการลดระดับไขมัน ควบคุมคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โรคเบาหวานและไต รวมถึงกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย แป้งกล้วยจะมีกลิ่นเฉพาะตัว มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีรวมตัวกับน้ำได้ดี คือ เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้น เนื่องจากเป็นแป้งที่มีอะไมโลสสูง จึงทำให้มีคุณสมบัติพิเศษ รวมถึงแป้งกล้วยมีความเหนียวเมื่อรวมกับน้ำจะได้ก้อนแป้งที่เหนียวติด (Peeraphatchara, 2004) จึงเหมาะที่จะนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ดี เช่น ในการผลิตบราวนี่สามารถทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าได้ถึงปริมาณร้อยละ 50 ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้านอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย โดยไม่แตกต่างกับบราวนี่ที่ใช้แป้งสาลีล้วน และมีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด (Dangsungwal *et al.*, 2009) ขณะที่สามารถใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมสาลี่ได้เพียงแค่อ้อยละ 10 เท่านั้น และไม่สามารถทดแทนได้มากกว่านี้ เนื่องจากทำให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกด้านลดลง (Manorote *et al.*, 2018) และยังมีรายงานการใช้แป้งกล้วยทดแทนบางส่วนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ เช่น การทดแทนแป้งสาลีในขนมอบ เป็นอาหารของทารกและคนชรา (Wattanachaiyingcharoen, 1999) และขนมไทย (Silayoi, 2002) เป็นต้น

กล้วยดิบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาผลิตแป้งจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ความสุกอยู่ในช่วงร้อยละ 70-80 ถ้าใช้กล้วยดิบมากเกินไปจะมีปริมาณแทนนินสูง เมื่อนำแป้งกล้วยไปผสมในผลิตภัณฑ์จะให้รสฝาด ในกรณีที่กล้วยสุกมากเกินไปปริมาณน้ำตาลสูงจะส่งผลต่อกระบวนการผลิตแป้ง และมีผลต่อกลิ่นรสชาติของผลิตภัณฑ์ ส่วนน้ำตาลที่พบในผลสุกส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลกลูโคส รองลงมาเป็นฟรุคโทสและซูโครส ตามลำดับ “กล้วยไข่” จัดเป็นกล้วยที่มีผลขนาดเล็ก นิยมนำมารับประทานแบบผลสด มีรสชาติหอมและอร่อย กล้วยไข่สามารถปลูกได้ในเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทย และให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี ซึ่งแหล่งผลิตกล้วยไข่ 5 อันดับที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ ตาก กำแพงเพชร นครสวรรค์ จันทบุรี และเพชรบุรี (Chairuangyot, 2014) แต่ในบางขณะผลผลิตกล้วยไข่มีปริมาณมากเกินไปความต้องการ ทำให้เกิด

ปัญหาล้นตลาด ราคาตกต่ำ การแปรรูปกล้วยไข่เป็นแนวทางที่สามารถแก้ไขปัญหาราคาผลผลิตต่ำ เพิ่มมูลค่าวัตถุดิบ และพัฒนาต่อยอดเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพจากแป้งกล้วยไข่ โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือการศึกษาการใช้แป้งกล้วยไข่ทดแทนแป้งเค้กในขนมปังหวานจะเป็นการเพิ่มประโยชน์จากการใช้แป้งกล้วยไข่ ลดการนำเข้าแป้งเค้ก และยังเป็นแนวทางให้ผู้บริโภคได้บริโภคผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อสุขภาพ เพิ่มมูลค่าให้กับกล้วยไข่ที่ถูกคัดออก และเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมแป้งกล้วยไข่

2.1.1 วัตถุดิบ

ใช้กล้วยไข่จากแหล่งปลูกเดียวกันในจังหวัดจันทบุรี ที่มีเปอร์เซ็นต์ความสุกอยู่ในช่วงร้อยละ 70-80 หรือ ผลกล้วยยังมีเหลี่ยม ทำความสะอาดโดยใช้มือและแปรงสีฟันล้างดินที่ติดออกให้หมด ผึ่งให้แห้ง

2.1.2 การเตรียมแป้งกล้วยไข่

เตรียมแป้งกล้วยไข่ตามวิธีการของ Siroth and Piyachomkwan (2003) นำผลกล้วยไข่มานึ่งด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที และแช่น้ำเย็นทันที ปอกเปลือกหั่นเป็นแว่นหนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร นำกล้วยที่หั่นแช่ในสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (potassium metabisulphite) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 30 นาที นำไปทำให้แห้งโดยการอบแห้งในตู้อบแห้งแบบใช้ลมร้อน ควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบด (Ultra-Centrifugal Mill) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดรูตะแกรง 0.4 มิลลิเมตร และบรรจุในถุงพลาสติกปิดผนึก เก็บรักษาในที่แห้งเพื่อนำไปผลิตขนมปังต่อไป โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยไข่ที่ผลิต ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)

2.2 การศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน

ผลิตขนมปังหวานตามวิธีของ Pongsamran (2007) โดยศึกษาปริมาณแป้งกล้วยไข่ที่ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปังหวานเป็น 4 ระดับ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 25, 50 และ 75 ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) แล้วจึงนำขนมปังหวานที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วย color meter (ยี่ห้อ NIPPON, รุ่น ZE-2000, Denshoku, Japan) โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE L^* , a^* , b^* ซึ่งค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่าง ค่า a^* แสดงถึงค่าสีแดง และค่า b^* แสดงถึงค่าสีเหลือง การวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analyzer (ยี่ห้อ Lloyd instruments, รุ่น TAplus, Hampshire, UK.) การวัดการขึ้นฟูของขนมปังด้วยการวัดปริมาตรขนมปัง วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า ตามวิธีมาตรฐานของ (A.O.A.C., 2000) ทุกพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ณ ห้องปฏิบัติการทดสอบทางประสาทสัมผัส สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี โดยนำขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ต่างกัน 4 ระดับ มาทดสอบความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธี 9 point Hedonic scale ผู้ทดสอบเป็นบุคลากร และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตรที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ($n=30$) ก่อนทดสอบชิมได้นำตัวอย่างขนมปังหวานมาตัดเป็นชิ้นให้มีขนาดกว้างและยาวประมาณ 2 เซนติเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติกสีขาวที่มีขนาดเท่ากัน ถ้วยละ 3 ชิ้น แต่ละถ้วยมีรหัสบ่งบอกระดับการทดแทนที่ใช้เป็นเลขสุ่มจำนวน 3 หลักเรียบร้อยแล้ว ผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้ทดสอบขนมปังหวานที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ทั้ง 4 ระดับ ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่าง และก่อนการประเมินตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง ให้ผู้ทดสอบชะล้างลิ้นรสในปากโดยการเคี้ยวขนมปังจืดและจิบน้ำสะอาด บ้วนปากระหว่างรอการประเมินตัวอย่างถัดไป แต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที ผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบ โดย 9 คะแนน คือชอบมากที่สุด และ 1 คะแนน คือไม่ชอบมากที่สุด ในการประเมินความชอบทางประสาท

สัมผัส ได้ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS รายงานผลในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำขนมปังหวานที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

2.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน

นำขนมปังหวานที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากข้อ 2.2 มาทดสอบการยอมรับและความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน โดยให้กลุ่มผู้บริโภคทั่วไปที่ได้จากการสุ่มแบบบังเอิญจำนวน 30 คน ตอบแบบสอบถามทดสอบทางประสาทสัมผัส วิธีการทดสอบที่ใช้คือ 9-point Hedonic scales วัดระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน ผู้บริโภคจะสามารถให้ความพอใจของตนเอง โดยการแสดงออกมาในรูประดับการยอมรับและไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์จากสเกลที่กำหนด ได้แก่ 1 คะแนน คือไม่ยอมรับมากที่สุด และ 9 คะแนน คือยอมรับมากที่สุด และหาค่าคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลของการทดลอง ได้แก่ ค่าที่วัดได้จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก มาหาความแตกต่างทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) โดยใช้คอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ปริมาณผลผลิตของแป้งกล้วยจากกล้วยไข่ดิบ

กล้วยไข่ดิบที่นำมาผลิตเป็นแป้งกล้วยมีปริมาณเนื้อคิดเป็นร้อยละ 75.13 และเปลือกร้อยละ 24.87 ของน้ำหนักกล้วยดิบทั้งผล และเมื่อนำไปผลิตเป็นแป้งได้แป้งกล้วยคิดเป็นร้อยละ 30.12 ของน้ำหนักกล้วยดิบทั้งผล โดยแป้งกล้วยไข่ที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด และมีสีเทาถึงม่วงน้ำตาลอ่อน

3.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน

ขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนมีคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด และสูงกว่าขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 25, 50 และ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ในสัดส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง อาจเป็นเพราะแป้งกล้วยไข่มีสีเหลืองอมเทา เมื่อได้รับการให้ความร้อน จึงส่งผลให้ขนมปังหวานมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น เป็นเหตุให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง ทั้งนี้ผู้บริโภคมักชอบขนมปังหวานที่มีสีเหลืองอ่อนหรือน้ำตาลอ่อนมากกว่า ขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนและขนมปังหวานทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 25 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) แต่คะแนนสูงกว่าขนมปังหวานทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 50 และ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ในสัดส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติลดลง เป็นเพราะกลิ่นของกล้วยไข่ส่งผลต่อความชอบในขนมปังหวาน แต่ขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 25 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด และมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่จากการสังเกตพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยไข่มากกว่าร้อยละ 25 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งกล้วยไข่ส่งผลให้เนื้อขนมปังหวานมีความร่วนและผู้ที่ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลง ค่าคะแนนจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากการทดลองครั้งนี้แสดงดังตารางที่ 1

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน

ขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนมีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด และมากกว่าขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 25, 50 และ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยไข่ในสัดส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่างของขนมปังหวานลดลง ขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนมีค่าสีแดง (a^*) ต่ำที่สุด และต่ำกว่าขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการทดแทนที่ระดับร้อยละ 25 และ 50 ($P \geq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยไข่ในสัดส่วนที่มากขึ้น จะส่งผลให้ค่าสีแดงของขนมปังหวานเพิ่มขึ้น ขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนมีค่าสีเหลือง (b^*) มากที่สุดและมากกว่าขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 25, 50 และ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยไข่ในสัดส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าสีเหลืองของขนมปังหวานลดลง งานวิจัยนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khun Phra Rak and Khaocharoen (2009) ซึ่งพบว่า การใช้แป้งกล้วยไข่ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมงาดำในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ค่าสีเหลืองเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมงาดำมีสีเข้มจากงาดำ เมื่อใช้แป้งกล้วยไข่จึงช่วยลดความเข้มของสีได้จากงาดำได้

ขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 75 มีค่าแรงตึงมากที่สุด และมากกว่าขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 0, 25 และ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยไข่ในสัดส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าต้องใช้แรงตึงมากขึ้น ทั้งนี้ขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนมีค่าแรงตึงน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khun Phra Rak and Khaocharoen (2009) ที่พบว่า การใช้แป้งกล้วยไข่ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมงาดำในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงตึงของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยไข่มากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ทว่าขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนขึ้นฟูได้มากที่สุดและมากกว่าขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 25, 50 และ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยไข่ในสัดส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้การขึ้นฟูของขนมปังหวานลดลง ทั้งนี้ขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 75 มีการขึ้นฟูของขนมปังต่ำสุด อธิบายได้ว่า เมื่อในขนมปังหวานมีแป้งกล้วยไข่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ปริมาณเส้นใยในแป้งกล้วยไข่ที่มากกว่าจะไปดูดซับน้ำไว้แทนแป้งสาลีทำให้แป้งโดที่ได้ไม่พองตัว เนื่องจากน้ำเป็นตัวช่วยให้ทำให้เกิดกลูเตน (gluten) ช่วยควบคุมความหนืดของโด ช่วยกระจายยีสต์ในการหมักโด และทำให้เกิดการพองตัว ผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานจึงมีการขึ้นฟูน้อยลง (Chammek and Naiwikul, 1998) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพด้านสี แรงตึง และการขึ้นฟู แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คะแนนความชอบ (คะแนนเต็ม 9) ของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ในระดับร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 (mean $\pm$ SD, N = 30)

แป้งกล้วยไข่ ต่อแป้งสาลี (ร้อยละ)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0 : 100	7.60 $\pm$ 1.16 ^a	7.23 $\pm$ 1.16 ^a	6.83 $\pm$ 1.44 ^a	6.57 $\pm$ 1.35 ^b	7.07 $\pm$ 1.11 ^a
25 : 75	7.07 $\pm$ 1.17 ^{ab}	7.03 $\pm$ 1.17 ^{ab}	7.00 $\pm$ 1.61 ^a	7.20 $\pm$ 1.24 ^a	7.37 $\pm$ 1.12 ^a
50 : 50	6.63 $\pm$ 1.18 ^b	6.63 $\pm$ 1.18 ^b	5.87 $\pm$ 1.25 ^b	5.73 $\pm$ 1.28 ^c	6.20 $\pm$ 1.34 ^b
75 : 25	6.53 $\pm$ 1.22 ^b	6.80 $\pm$ 1.22 ^b	5.53 $\pm$ 1.63 ^b	5.80 $\pm$ 1.51 ^c	6.23 $\pm$ 1.35 ^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

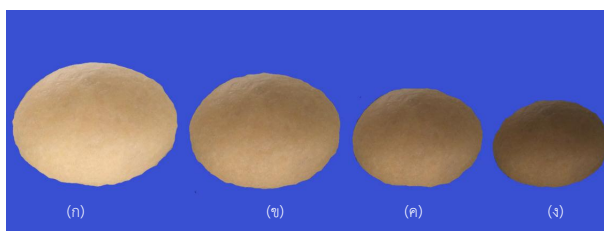
ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ในระดับร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 (mean $\pm$ SD)

แป้งกล้วยไข่ ต่อแป้งสาลี (ร้อยละ)	คุณภาพทางกายภาพด้านสี			แรงตัด (นิวตัน)	การขึ้นฟู (เซนติเมตร)
	L*	a*	b*		
0 : 100	76.58 $\pm$ 1.13 ^a	3.22 $\pm$ 1.09 ^b	31.90 $\pm$ 1.08 ^a	38.68 $\pm$ 1.71 ^d	8.39 $\pm$ 0.22 ^a
25 : 75	66.70 $\pm$ 0.86 ^b	3.92 $\pm$ 0.15 ^{ab}	21.27 $\pm$ 0.54 ^b	46.22 $\pm$ 0.63 ^c	5.29 $\pm$ 0.04 ^b
50 : 50	55.74 $\pm$ 1.34 ^{bc}	3.75 $\pm$ 0.25 ^{ab}	12.40 $\pm$ 0.30 ^c	61.64 $\pm$ 1.86 ^b	3.67 $\pm$ 0.02 ^c
75 : 25	55.34 $\pm$ 1.25 ^c	4.32 $\pm$ 0.29 ^a	12.32 $\pm$ 0.89 ^c	65.24 $\pm$ 0.37 ^a	2.98 $\pm$ 0.18 ^d

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า L* = lightness (100 = light, 0 = dark) ค่า a* = + show redness, - show greenness

ค่า b* = + show yellowness, - show blueness



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ในระดับร้อยละ 0 (ก), 25 (ข), 50 (ค) และ 75 (ง)

3.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน

ขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนและขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 25, 50 และ 75 มีความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต อยู่ในขนมปังในปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จึงสรุปได้ว่าแป้งกล้วยไข่ที่ใช้ไปในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต แต่ขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ที่ระดับร้อยละ 75 มีปริมาณเส้นใยมากที่สุด และสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สันนิษฐานว่า เป็นเพราะแป้งกล้วยไข่มีปริมาณเส้นใยสูงกว่าแป้งสาลี เมื่อปริมาณแป้งกล้วยไข่ที่เติมลงไปเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานนั้นมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งกล้วยไข่ที่เติมลงไป ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ในระดับร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 (mean $\pm$ SD)

แป้งกล้วยไข่ ต่อแป้งสาลี (ร้อยละ)	คุณสมบัติด้านเคมี					
	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	เส้นใย (%)	โปรตีน (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
0 : 100	22.43 $\pm$ 9.34	0.73 $\pm$ 0.73	1.41 $\pm$ 0.18 ^d	7.36 $\pm$ 0.49	1.58 $\pm$ 0.11	66.41 $\pm$ 9.21
25 : 75	23.48 $\pm$ 0.22	0.67 $\pm$ 0.34	3.48 $\pm$ 0.19 ^c	7.34 $\pm$ 0.47	1.63 $\pm$ 0.10	57.63 $\pm$ 0.33
50 : 50	29.26 $\pm$ 0.74	0.82 $\pm$ 0.19	5.57 $\pm$ 0.35 ^b	7.48 $\pm$ 0.59	1.76 $\pm$ 0.12	60.91 $\pm$ 0.40
75 : 25	29.60 $\pm$ 1.35	0.60 $\pm$ 0.99	7.36 $\pm$ 0.49 ^a	7.44 $\pm$ 0.44	1.69 $\pm$ 0.02	53.32 $\pm$ 2.57

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวดิ่งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.5 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่

เมื่อนำขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ร้อยละ 25 ไปทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับคุณลักษณะต่าง ๆ ของขนมปังหวาน ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.9-7.3 (ตารางที่ 4) เป็นการยอมรับในระดับปานกลางถึงมาก ทั้งนี้การทดสอบการยอมรับและความชอบของผู้บริโภคระดับคะแนนตั้งแต่ 6 ขึ้นไป ถือว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ (Sukrot, 2012)

ตารางที่ 4 การยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะของขนมปังหวานที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยไข่ในระดับร้อยละ 25

คุณลักษณะ	จำนวน (คน) และสัดส่วน (ร้อยละ) ของผู้บริโภคที่ให้การยอมรับในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน									คะแนนเฉลี่ย	การแปลผล
	ไม่ยอมรับมากที่สุด	ไม่ยอมรับมาก	ไม่ยอมรับปานกลาง	ไม่ยอมรับน้อย	เฉย ๆ	ยอมรับน้อย	ยอมรับปานกลาง	ยอมรับมาก	ยอมรับมากที่สุด		
สี	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (7)	6 (20)	13 (43)	6 (20)	3 (10)	7.1 ± 7.3	ปานกลาง - มาก
กลิ่น	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (3)	2 (7)	6 (20)	10 (33)	8 (27)	3 (10)	7.0 ± 7.3	ปานกลาง - มาก
รสชาติ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (3)	3 (10)	7 (23)	7 (23)	11 (37)	1 (3)	6.9 ± 7.1	น้อย - ปานกลาง
เนื้อสัมผัส	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (10)	4 (13)	9 (30)	11 (37)	3 (10)	7.2 ± 7.4	ปานกลาง - มาก
ความชอบโดยรวม	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (3)	5 (17)	12 (40)	8 (27)	4 (13)	7.3 ± 7.5	ปานกลาง - มาก

4. สรุป

แป้งกล้วยไข่ช่วยเพิ่มปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานได้ โดยปริมาณแป้งกล้วยไข่ที่เหมาะสมสำหรับทดแทนแป้งสาลีในขนมปังหวานคือ ร้อยละ 25 เนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด และไม่แตกต่างจากขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วน แต่การทดแทนในสัดส่วนร้อยละ 25 นี้ ทำให้เส้นใยในขนมปังหวานเพิ่มขึ้นจากขนมปังหวานที่ใช้แป้งสาลีล้วนถึงร้อยละ 147 และผู้บริโภคให้การยอมรับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ในระดับปานกลางถึงมาก และมีคะแนนความชอบรวม อยู่ระดับในชอบปานกลางถึงชอบมาก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้ทุนอุดหนุนทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- A.O.A.C. 2000. *Official Method of Analysis*. 16th ed. The Association of Analysis Chemists, Virginia.
- Chairuangyot, T. 2019. *Golden Banana, popular fruit sold both at home and abroad*. Technology Chaoban, 32 (705): 18-22. (in Thai)
- Chammek, C. and Naiwikul, O. 1998. *Basic banking science and technology*. Kasetsart University, Bangkok. 224 pp. (in Thai)

- Dangsungwal, N., Siriwong, N. and Riebroy, S. 2009. **The use of banana flour substituted for wheat flour in brownie**. Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agricultural Extension and Home Economics. (in Thai)
- Khun Phra Rak, C. and Khaocharoen, T. 2009. **Production of Banana Flour Cookies with Black Sesame**. Agricultural Science 40(1), 421-424. (in Thai)
- Peeraphatchara, J. 2004. **Bakery products from banana flour**. Odeon Store, Bangkok 136 pp. (in Thai)
- Peeraphatchara, J., Sukontachart, T., Mungceiykklang, O., Prajakchit, C., Ban Pa Sung Noen, J. and Sahaphanphong, S. 2011. **Project to increase the value of processed products from bananas for commercial use**. [online] Source: <http://www.decadel.ird.rmutp.ac.th/wp-content/uploads/2013/05/Training documents-23.pdf>. (18 January, 2561). (in Thai)
- Pongsamran, S. 2007. **Pastry product technology**. Food Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok Chanthaburi Campus, 123 p. (in Thai)
- Manorote, A., Tubbiyam, P., KhuaiKhoen, W. and Phurahong, B. 2018. **Substitute for Banana Flour Using Partially Wheat Flour**. Food and Nutrition, Home Economic Technology. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Silayoi, B. 2002. **Banana**. 3rd edition. Kasetsart University Press. Bangkok. 357 pp. (in Thai)
- Sriroth, K. and Piyachomkwan, K. 2003. **Starch industry; Technology**. Kasetsart University, Bangkok. 303 pp.
- Sukrot, D. 2012. **Product Development of Concentrated Cubic Soup with Thua-Nao**. Special problem of Bachelor of Science Program in Microbiology, Faculty of Science, Chiang Mai University. (in Thai)
- Wattanachaiyingcharoen, D. 1999. **Thai bananas to the year 2000**. Seminar documents. Department of Agricultural Extension, Bangkok. (in Thai)
- Yuenyongphaipha, W., Worasing, S., Sangnak, A. and Kraschon, N. 2014. **Snack Food Product Development Project from Sea-Lettuce Algae for School Children**. Complete research report. Research project, budget type, income, Burapha University, Chonburi. 97 p. (in Thai)
- Yuenyongputtakal, W., Worasing, S., Sangnark, A. and Krasaechol, N. 2014. **Development of Snack Product from Sea Lettuce (*Ulva rigida*) for School Children**. Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University. (in Thai)

(Received: 24/Jun/2020, Revised: 5/Dec/2020, Accepted: 10/Dec/2020)

ชนิดปลาต่างถิ่นในกลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน

Alien Fish Species in the Nan River Basin in Nan Province,
Northern Thailand

อมรชัย ล้อทองคำ* และ ชาวาลีย์ ใจสุข

Amornchai Lothongkham* and Chaowalee Jaisuk

สาขาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จังหวัดน่าน

Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Science and Agricultural Technology,

Rajamangala University of Technology Lanna, Nan

E-mail: amornchai@rmutl.ac.th โทร. 082-8932210

บทคัดย่อ

จากการสำรวจชนิดปลาในกลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน จำนวน 9 แม่น้ำ ได้แก่ แม่น้ำน่าน แม่น้ำว้า แม่น้ำคอน แม่น้ำปัว แม่น้ำยาว แม่น้ำย่าง แม่น้ำสมุน แม่น้ำสา และ แม่น้ำหาง จากสถานีสำรวจทั้งหมด 111 สถานี ระหว่าง พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2561 พบว่ามีปลาต่างถิ่นกระจายพันธุ์อยู่ 5 อันดับ 6 วงศ์ 9 สกุล และ 12 ชนิด มี 9 ชนิดที่เป็น ปลาน้ำเค็มเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่ ปลาไน 2 ชนิด ปลานวลจันทร์เทศ ปลาดุกเทศ ปลากดเกราะ 2 ชนิด ปลาถิ่นยุง ปลาหางนกยูง และ ปลานิล และอีก 3 ชนิดเป็นปลาที่นำเข้ามาจากเขตภูมิศาสตร์อื่นของไทย ได้แก่ ปลาบ้า ปลาทับทิม และ ปลาชะโด ปลาต่างถิ่นที่พบทั้งหมดจัดเป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกราน 10 ชนิด ได้แก่ ปลาไน 2 ชนิด ปลาดุกเทศ ปลากดเกราะ 2 ชนิด ปลาถิ่นยุง ปลาหางนกยูง ปลานิล ปลานิลแดงและปลาชะโด และเป็นปลาต่างถิ่นประเภทไม่รุกราน 2 ชนิด ได้แก่ ปลานวลจันทร์เทศและปลาบ้า จากการสำรวจพบว่าปลานิลมีการกระจายพันธุ์ได้ทุกแม่น้ำ รองลงมาคือ ปลาดุกเทศ พบใน 7 แม่น้ำ และ ปลาไน พบใน 5 แม่น้ำ โดยปัจจัยที่พบปลาต่างถิ่นในกลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน เกิดจากความงใจปล่อยและการหลุดออกมาจากบ่อเลี้ยง สำหรับผลกระทบที่มีต่อปลาท้องถิ่นและสภาพแวดล้อม ในกลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่านนั้นยังไม่มีผลชัดเจนในระยะยาว แต่จากการสำรวจสามารถเก็บรวบรวมปลาไว้อ่อนและ ปลาขนาดเล็กของปลาต่างถิ่นได้ นั้นแสดงให้เห็นว่าปลาต่างถิ่นทั้งหมดสามารถแพร่ขยายพันธุ์ในแม่น้ำได้ ซึ่งหากปล่อย ให้ปลาเหล่านี้มีจำนวนประชากรมากขึ้นและไม่มีการควบคุมหรือกำจัดออก คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อปลาท้องถิ่นและ สภาพแวดล้อมของกลุ่มน้ำน่านในจังหวัดน่านในอนาคตได้

คำสำคัญ : ปลาต่างถิ่น ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นประเภทรุกราน ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นประเภทไม่รุกราน จังหวัดน่าน

Abstract

Explorations of fish fauna in the Nan River basin in Nan province including 9 Rivers namely Nan River, Wa River, Kon River, Pua River, Yao River, Yang River, Samun River, Sa River and Hang River, were carried out from 111 stations during 2003 to 2018. They were found five orders, six families, nine genera and twelve species of alien species. The nine species; *Cirrhinus cirrhosus*, *Cyprinus carpio*, *Cyprinus rubrofasciatus*, *Pterygoplichthys disjunctivus*, *Pterygoplichthys pardalis*, *Clarias gariepinus*, *Gambusia affinis*, *Poecilia reticulata* and *Oreochromis niloticus* were imported, and three species; *Leptobarbus rubripinna*, *Oreochromis hybrid* (red tilapia) and *Channa micropeltes* were introduced from other regions of Thailand. The ten species; *Cyprinus carpio*, *Cyprinus rubrofasciatus*, *Pterygoplichthys disjunctivus*, *Pterygoplichthys pardalis*, *Clarias gariepinus*, *Gambusia affinis*, *Poecilia reticulata*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis hybrid* and *Channa micropeltes* were invasive alien species, and two species; *Cirrhinus cirrhosus* and *Leptobarbus rubripinna* were non-invasive alien species.

According to the exploration, *Oreochromis niloticus* distributed in all rivers, followed by *Clarias gariepinus* and *Cyprinus rubrofasciatus* in 7 and 5 rivers, respectively. The factors of finding the alien species in Nan River basin were caused by deliberately releasing and escaping from the rearing pond. The impact of alien fishes to native fishes and environment of Nan River basin in Nan province might be not clear in the long term, but from the explorations that could collect larvae and juveniles of all alien fishes, showing that all of them could propagate in the rivers. Thus, if these fishes have more population and they are not controlled or removed from the rivers, they will threaten native fishes and the environment of the River in Nan province in the future.

Keywords : alien fish species, invasive alien species, non-invasive alien species, Nan province

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีรายงานการกระจายพันธุ์ของปลาต่างถิ่นในทุกทวีปทั่วโลก ซึ่งรายงานส่วนใหญ่เป็นชนิดปลาที่เกิดจากการนำเข้าจากต่างประเทศทั้งชนิดปลาที่เป็นประเภทรุกรานและไม่รุกราน (Innal, 2012; Kottelat, 2001; Latini, 2004; Muchlisin, 2012; Pallewatta *et al.*, 2003; Sultana & Hashim, 2015; Teletchea & Beisel, 2018; Tiogué *et al.*, 2018) โดยเฉพาะปลาต่างถิ่นที่เป็นประเภทรุกรานนั้นได้ถูกศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวาง (Sultana & Hashim, 2015; Gallardo *et al.*, 2015; Pallewatta *et al.*, 2003; Russel *et al.*, 2017) โดยมีรายงานสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นประเภทรุกรานที่สร้างปัญหามากที่สุด 100 ชนิด มีปลาถึง 5 ชนิดที่จัดอยู่ในบัญชีรายชื่อ (Lowe *et al.*, 2000) เนื่องจากปลาต่างถิ่นประเภทรุกราน เป็นชนิดปลาที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ได้ดี แพร่พันธุ์ได้เร็ว และสามารถแข่งขันแทนที่ชนิดพันธุ์ปลาท้องถิ่นได้เป็นอย่างดี ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมดุลนิเวศและเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดพันธุ์ท้องถิ่น (Termvidchakorn *et al.*, 2003) ปลาต่างถิ่นเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดผลในทางลบต่อความหลากหลายทางชีวภาพรองมาจากการทำลายที่อยู่อาศัย (Inland Fisheries Research and Development Division, 2010) จึงเป็นเหตุให้มีการศึกษาวิจัยปลาประเภื่อนี้อย่างจริงจัง ซึ่งหน่วยงานระหว่างประเทศหลาย ๆ หน่วยงานได้กำหนดนโยบายในการจัดการ ป้องกัน ควบคุมและกำจัดปลาต่างถิ่นในประเทศที่มีปลาต่างถิ่นกระจายพันธุ์ (Pallewatta *et al.*, 2002; Russel *et al.*, 2017; Veitch *et al.*, 2011; Welcomme & Vidthayanon, 2003)

สำหรับประเทศไทยนั้นมียาการกระจายของปลาต่างถิ่นในทุกกลุ่มน้ำในประเทศไทย ซึ่งมีชนิดที่แตกต่างกันไป (Kaensa *et al.*, 2017; Kulabtong & Kunlapapuk, 2011; Kunlapapuk *et al.*, 2014; Lothongkham & Kullama, 2011; Methithanunwatana, 2012; Panitvong, 2020; Pongcharean *et al.*, 2010; Suksileung *et al.*, 2011; Suvanaraksha, 2016; Tanmuangpak *et al.*, 2016; Termvidchakorn *et al.*, 2003; Valunpion & Suvanaraksha, 2013) โดยมีรายงานว่าปลาทองเป็นปลาต่างถิ่นชนิดแรกที่ถูกนำเข้ามาจากต่างประเทศในสมัยอยุธยา ระหว่างปี พ.ศ. 2235-2240 ต่อมาก่อนปี พ.ศ. 2496 คนจีนที่อพยพเข้ามาอาศัยในประเทศไทยได้นำ ปลาแคร์พ ปลาเฉา และ ปลาเล้ง เข้ามาเลี้ยงเพื่อใช้เป็นเป็นอาหาร (Piyakarnchana, 1989) ในปัจจุบันพบว่ามีปลาต่างถิ่นจากต่างประเทศถูกนำเข้ามาในประเทศไทยไม่น้อยกว่า 1,000 ชนิด (Inland Fisheries Research and Development Division, 2010) โดยวัตถุประสงค์ที่นำเข้ามาเพื่อการบริโภค การเพาะเลี้ยง และธุรกิจปลาสวยงาม ซึ่งปลาต่างถิ่นเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ธุรกิจ สังคม และ สาธารณสุขของไทย (Vidthayanon, 2005) จากผลกระทบดังกล่าว กรมประมงจึงได้ออกพระราชกำหนดการประมง พ.ศ. 2558 และ พระราชกำหนดการประมง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560 เพื่อกำหนดบทลงโทษผู้นำเข้าสัตว์น้ำต่างถิ่นที่ไม่ได้รับอนุญาต

อย่างไรก็ตามการรายงานปลาต่างถิ่นมักจะเป็นการรายงานเฉพาะปลาต่างถิ่นที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ แต่ไม่มีการรายงานชนิดปลาต่างถิ่นที่นำมาจากเขตภูมิศาสตร์อื่นในประเทศเดียวกัน ซึ่งปลาเหล่านี้บางชนิดก็สามารถสร้างผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพได้เช่นกัน

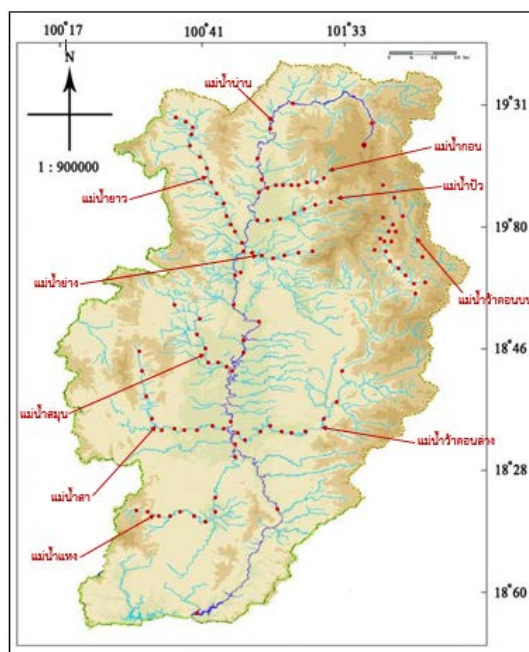
จากการสำรวจชนิดปลาในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่านตั้งแต่ พ.ศ. 2546 จนถึง พ.ศ. 2561 พบว่ามีปลาต่างถิ่นกระจายพันธุ์อยู่ในทุกแม่น้ำและอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ ซึ่งการพบปลาต่างถิ่นเหล่านี้มีการรายงานรวมกับชนิดปลาพื้นเมืองอื่น ๆ ที่สำรวจพบในแต่ละแหล่งน้ำเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงชนิด การกระจายพันธุ์ของปลาต่างถิ่นแต่ละชนิดในแม่น้ำต่าง ๆ ของจังหวัดน่าน ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมและสัตว์น้ำพื้นเมืองในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่านในเชิงทางวิชาการ จึงได้จัดทำข้อมูลนี้ขึ้นมาเพื่อให้เห็นภาพรวมของปลาต่างถิ่นในจังหวัดน่าน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการศึกษาวิจัย การบริหารจัดการ การวางแผนควบคุมและการกำจัดปลาต่างถิ่นในลุ่มแม่น้ำน่านในเขตจังหวัดน่านได้

2. วิธีการศึกษา

1. ทำการรวบรวมตัวอย่างปลาต่างถิ่นที่ได้จากการสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างจาก 9 แม่น้ำ รวมสถานีเก็บตัวอย่างปลาทั้งหมด 111 สถานี ได้แก่ แม่น้ำน่าน 18 สถานี แม่น้ำว้า 29 สถานี แม่น้ำกอน 8 สถานี แม่น้ำปัว 7 สถานี แม่น้ำยาว 14 สถานี แม่น้ำย่าง 8 สถานี แม่น้ำสมุน 7 สถานี แม่น้ำสา 10 สถานี และ แม่น้ำแหง 10 สถานี (ภาพที่ 1) ระหว่าง พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2561 โดยตัวอย่างปลาทั้งหมดถูกจับและเก็บรวบรวมโดยใช้แห ตาข่ายหรือสวิง จากนั้นนำตัวอย่างปลามาล้างให้สะอาดและตรึงสภาพด้วยการแช่ในฟอร์มาลินเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์นาน 14 วัน แล้วนำมาล้างสลับกับแช่ด้วยน้ำสะอาดจนฟอร์มาลินออกจนหมด จึงนำตัวอย่างปลามารักษาสภาพด้วยการแช่ในเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตัวอย่างปลาต่างถิ่นทั้งหมดที่ผ่านขั้นตอนการรักษาสภาพถูกนำมาตรวจสอบและแยกชนิดใหม่อีกครั้ง โดยใช้เอกสารวิชาการต่าง ๆ ทางด้านอนุกรมวิธานของปลาน้ำจืดในการแยกชนิด (Fowler, 1937; Jayaram, 1999; Kottelat, 2001; Page & Robins, 2006) และรวบรวมบันทึกข้อมูลทางธรรมชาติและสภาพแวดล้อมของแต่ละสถานีที่เคยบันทึกไว้อีกครั้งเพื่อนำมาใช้ประกอบในการบรรยายในส่วนที่เกี่ยวข้อง

2. เก็บข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจับปลาบ้าที่นำมาจำหน่ายในตลาดชุมชน

3. จัดทำบัญชีรายชื่อชนิดปลาต่างถิ่นที่สำรวจพบทั้งหมดโดยเรียงลำดับทางอนุกรมวิธานตาม Nelson *et al.* (2016) และเก็บรักษาตัวอย่างปลาทั้งหมดไว้ที่ห้องปฏิบัติการมีนวิทยา สาขาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน



ภาพที่ 1 ตำแหน่งสถานีจับและเก็บรวบรวมตัวอย่างปลาในแม่น้ำทั้ง 9 แม่น้ำ

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการสำรวจชนิดปลาในแม่น้ำน่านและแม่น้ำสาขาของแม่น้ำน่าน 8 สาขาในเขตจังหวัดน่าน ระหว่าง พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2561 พบปลาต่างถิ่นที่มีการกระจายพันธุ์อยู่จำนวน 5 อันดับ 6 วงศ์ 9 สกุล และ 12 ชนิด (ตารางที่ 1) โดยเป็นปลาต่างถิ่นที่นำเข้ามาจากต่างประเทศจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ ปลานวลจันทร์เทศ ปลาไน 2 ชนิด ปลากดเกราะ 2 ชนิด ปลาดุกเทศหรือปลาดุกยักษ์ ปลาเก๋นยุง ปลาหางนกยูง และปลานิล และปลาต่างถิ่นที่นำมาจากเขตภูมิศาสตร์อื่นของประเทศไทยจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ปลาบ้า ปลาทับทิมและปลาชะโด ปลาต่างถิ่นที่พบทั้งหมดที่จัดเป็นประเภทชนิดพันธุ์ต่างถิ่นประเภทุกรานมีจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ปลาไน 2 ชนิด ปลาดุกเทศ ปลากดเกราะ 2 ชนิด ปลาเก๋นยุง ปลาหางนกยูง ปลานิล ปลานิลแดงและปลาชะโด และเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นประเภทไม่รุกรานจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ปลานวลจันทร์เทศและปลาบ้า จากการสำรวจพบว่าปลานิลมีการกระจายพันธุ์ได้ทุกแม่น้ำ รองลงมาคือ ปลาดุกเทศ พบใน 7 แม่น้ำ และ ปลาไน พบใน 5 แม่น้ำ (ตารางที่ 1) โดยปลาต่างถิ่นทั้ง 12 ชนิด มีดังนี้

ปลานวลจันทร์เทศ (*Cirrhinus cirrhosus*) (ภาพที่ 2.1) พบว่ามีการกระจายพันธุ์อยู่เฉพาะในแม่น้ำยาว อำเภอกำแพงแสนนั้น ซึ่งเกิดจากปลาหลุดออกมาจากบ่อเลี้ยงปลาในฤดูน้ำหลาก ซึ่งการหลุดหนีจากที่เลี้ยงในลักษณะนี้เป็นการนำเข้าในถิ่นอาศัยธรรมชาติแบบไม่ตั้งใจ (Termvidchakorn *et al.*, 2003) และจากการสำรวจยังไม่พบว่าปลาชนิดนี้ผสมพันธุ์วางไข่ในแม่น้ำยาว จึงทำให้ไม่ทราบถึงผลกระทบที่มีผลต่อแหล่งน้ำและสัตว์น้ำท้องถิ่น ปลาชนิดนี้มีถูกนำเข้าไปถึงในหลาย ๆ ประเทศในทวีปเอเชียโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการเพาะเลี้ยง (Kottelat, 2001; Vidthayanon, 2005) แต่อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานว่ามีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและปลาท้องถิ่น ดังนั้นจึงคาดว่าปลานวลจันทร์เทศเป็นปลาต่างถิ่นประเภทไม่รุกราน

ปลาไน จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ปลาไน *Cyprinus carpio* (ภาพที่ 2.2) มีสีลำตัวเป็นสีทองแดง พบว่าปลาชนิดนี้มีการกระจายพันธุ์ในแม่น้ำก่อนและแม่น้ำว่าตอนล่างตั้งแต่อำเภอมะจิมจนถึงอำเภอเวียงสา ส่วนปลาไน *Cyprinus rubrofasciatus* (ภาพที่ 2.3) มีสีลำตัวเป็นสีเงิน พบว่ามีการกระจายพันธุ์ใน 5 แม่น้ำ ได้แก่ แม่น้ำปัว แม่น้ำยาว แม่น้ำว่า ในเขตอำเภอบ่อเกลือ แม่น้ำสมุน และแม่น้ำแหง สาเหตุที่พบปลาไนทั้ง 2 ชนิดนี้เกิดจากปลาหลุดออกมาจากบ่อเลี้ยงปลาในฤดูน้ำหลากและการปล่อยปลาลงแม่น้ำโดยตรง จากการสังเกตบริเวณที่พบปลาทั้ง 2 ชนิดนี้อาศัยอยู่ พบว่าตลิ่งของแม่น้ำจะถูกกัดเซาะมากกว่าบริเวณอื่นที่ไม่มีปลาชนิดนี้อาศัยอยู่ นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณที่มีปลาไนอาศัยอยู่ จะพบว่ามีปลาท้องถิ่นอาศัยน้อยกว่าบริเวณอื่นด้วย จากพฤติกรรมของปลาชนิดนี้จะชอบขุดคุ้ยดินเพื่อหาอาหาร สามารถกินไข่ปลาชนิดอื่นเป็นอาหารและขับไล่ปลาชนิดอื่นออกจากบริเวณที่อาศัยอยู่ได้ (Wellcome & Vidthayanon, 2003) ดังนั้นจากพฤติกรรมดังกล่าวจึงจัดให้ปลาไนอยู่ในประเภทุกรานที่สุดของโลกอีกชนิดหนึ่ง (Lowe *et al.*, 2000) นอกจากนี้จากการสำรวจยังสามารถเก็บรวบรวมตัวอย่างปลาไนขนาดเล็กได้ด้วย ดังนั้น คาดว่าปลาไนทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถผสมพันธุ์วางไข่ในแม่น้ำได้

ตารางที่ 1 บัญชีรายชื่อปลาต่างถิ่นที่มีการกระจายพันธุ์ในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน

Order/Family/Scientific name	ชื่อสามัญ	แม่น้ำ								
		Na	Ko	Pu	Ya	Yg	Wa	Sm	Sa	Ha
Order Cypriniformes										
Family Cyprinidae										
<i>Cirrhinus cirrhosus</i> (Bloch, 1795)	ปลานวลจันทร์เทศ				✓					
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	ปลาไน		✓				✓			
<i>Cyprinus rubrofasciatus</i> Lacepède, 1803	ปลาไน			✓	✓		✓	✓		✓
<i>Leptobarbus rubripinna</i> (Fowler, 1937)	ปลาบ้า	✓								
Order Siluriformes										
Family Loricariidae										
<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i> (Weber, 1991)	ปลากดเกราะ, ปลาเทศบาล	✓							✓	
<i>Pterygoplichthys pardalis</i> (Castelnau, 1855)	ปลากดเกราะ, ปลาเทศบาล	✓								
Family Clariidae										
<i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822)	ปลาดุกเทศ, ปลาดุกยักษ์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Order Cyprinodontiformes										
Family Poeciliidae										
<i>Gambusia affinis</i> (Baird & Girard, 1853)	ปลากินยุง	✓		✓						
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859	ปลาหางนกยูง	✓		✓		✓	✓			
Order Cichliformes										
Family Cichlidae										
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	ปลานิล	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Oreochromis hybrid</i> (Red tilapia)	ปลาทัพบิม	✓							✓	
Order Anabantiformes										
Family Channidae										
<i>Channa micropeltes</i> (Cuvier, 1831)	ปลาชะโด	✓								✓

หมายเหตุ : Na = แม่น้ำน่าน, Ko = แม่น้ำกอน, Pu = แม่น้ำปัว, Ya = แม่น้ำยาว, Yg = แม่น้ำย่าง, Wa = แม่น้ำว้า, Sm = แม่น้ำสมุน, Sa = แม่น้ำสา และ Ha = แม่น้ำแหง

ปลาบ้า (*Leptobarbus rubripinna*) (ภาพที่ 2.4) เป็นปลาต่างถิ่นที่มาจากเขตภูมิศาสตร์อื่นของประเทศไทย อีกชนิดหนึ่งที่มีพบว่ามีกระจายพันธุ์อยู่ในแม่น้ำน่านบริเวณบ้านคั้งถี่ อำเภอภูเพียง และบ้านเชียงแข็ง อำเภอเมือง สาเหตุที่พบปลาชนิดนี้ในแม่น้ำน่าน เกิดจากการหลุดออกจากบ่อพ่อแม่พันธุ์ปลาของสาขาวิชาประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ซึ่งเกิดจากน้ำท่วมหนักในปี พ.ศ. 2549 น้ำในแม่น้ำน่านได้เอ่อท่วมเข้ามาถึงบ่อพ่อแม่พันธุ์ปลาอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถป้องกันการหลบหนีออกจากบ่อได้ ซึ่งในปัจจุบันพบว่าชาวประมงสามารถจับปลาบ้าในแม่น้ำน่านได้ทั้งปลาขนาดเล็กและปลาขนาดใหญ่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลาบ้าที่หลุดออกมาสามารถผสมพันธุ์วางไข่ในแม่น้ำน่านได้แล้ว แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและปลาท้องถิ่น จึงยังไม่ทราบถึงผลกระทบที่ชัดเจน แต่เมื่อพิจารณาถึงอาหารที่ปลาบ้ากิน พบว่ากินพืชเป็นหลัก (Kottelat, 2001) ดังนั้นจึงคาดว่าปลาบ้าเป็นปลาต่างถิ่นที่ไม่รุกราน แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาปลาชนิดนี้อย่างจริงจังอีกครั้ง เพราะเนื่องจากปลาเมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดใหญ่ ซึ่งอาจจะไปรบกวนหรือขับไล่ปลาท้องถิ่นได้

ปลากดเกราะ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ *Pterygoplichthys disjunctivus* (ภาพที่ 2.5) จากการสำรวจพบว่าปลาชนิดนี้กระจายพันธุ์อยู่ในแม่น้ำน่านบริเวณปากแม่น้ำสมุนและแม่น้ำสุมุน ส่วนอีกชนิดคือ *Pterygoplichthys pardalis* (ภาพที่ 2.6) พบว่ากระจายพันธุ์ในแม่น้ำน่านเหนือเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอนาหมื่น นอกจากนี้ในการสำรวจยังสามารถเก็บ

รวบรวมปลาขนาดเล็กของปลาทั้ง 2 ชนิดได้ด้วย ดังนั้น คาดว่าปลากดเกราะทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถผสมพันธุ์วางไข่ในแม่น้ำได้เช่นกัน การที่พบปลาทั้ง 2 ชนิดนี้อยู่ในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน เกิดจากผู้เลี้ยงปลาสวยงามนำมาปล่อยลงแม่น้ำแบบตั้งใจ (Termvidchakorn *et al.*, 2003) เพราะเมื่อปลาชนิดนี้มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีรูปร่างหน้าตาที่ไม่พึงประสงค์ของผู้เลี้ยง ประกอบกับเป็นปลาที่กินอาหารเก่งทำให้ผู้เลี้ยงปลาสวยงามนำมาปล่อยลงแม่น้ำ นอกจากนี้ปลาทั้ง 2 ชนิดมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ได้เป็นอย่างดี มีพฤติกรรมกินอาหารไม่เลือก แม้แต่ไข่และลูกปลาวัยอ่อน และเมื่อปลาชนิดนี้ขนาดใหญ่ขึ้นสามารถแย่งแหล่งอาศัยและอาหารของปลาท้องถิ่นได้เกือบทั้งหมด ดังนั้นจึงถูกจัดให้เป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกราน (Inland Fisheries Research and Development Division, 2010; Chaichana *et al.*, 2013) แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบของปลาทั้ง 2 ชนิดนี้ในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่านนั้นยังไม่ชัดเจนนัก อาจมาจากการกระจายพันธุ์ยังอยู่ในวงจำกัด และปลาท้องถิ่นในบริเวณที่พบปลาทั้ง 2 ชนิดนี้อาศัยอยู่ยังมีความหลากหลายจนสามารถควบคุมให้ปลาทั้ง 2 ชนิดไม่สามารถกระจายพันธุ์และขยายอาณาเขตออกไปได้จนไม่สามารถสร้างผลกระทบได้อย่างชัดเจน

ปลาดุกเทศ หรือ ปลาดุกยักษ์ หรือปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) (ภาพที่ 2.7) พบว่าปลาชนิดนี้กระจายพันธุ์อยู่ในแม่น้ำน่าน แม่น้ำคอน แม่น้ำปัว แม่น้ำยาว แม่น้ำย่าง แม่น้ำว้า แม่น้ำสมุน และแม่น้ำสา จากรูปแบบการกระจายพันธุ์นี้ทำให้เห็นได้ว่าปลาดุกเทศมีการกระจายพันธุ์เกือบเต็มพื้นที่ของลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน นอกจากนี้ปลาชนิดนี้ยังสามารถอาศัยได้ทั้งบริเวณที่มีกระแสน้ำไหลเอื่อย ๆ ไปจนถึงบริเวณที่มีกระแสน้ำไหลแรง นั้นแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับแหล่งอาศัยแบบต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี และจากการสำรวจยังสามารถเก็บรวบรวมตัวอย่างปลาขนาดเล็กได้ แสดงให้เห็นว่าปลาชนิดนี้สามารถผสมพันธุ์วางไข่ในแม่น้ำได้เช่นกัน สาเหตุที่พบว่าปลาชนิดนี้มีการกระจายพันธุ์ได้กว้าง เพราะคนนิยมนำปลาชนิดนี้มาปล่อยเพื่อปลาทำบุญ สะเดาะเคราะห์ และบางส่วนเกิดจากการหลุดออกจากบ่อเลี้ยงในฤดูน้ำหลาก จากการสังเกตยังพบว่าบริเวณใดที่มีปลาดุกเทศอาศัยอยู่จะพบปลาท้องถิ่นน้อยมาก เพราะเนื่องจากพฤติกรรมของปลาดุกเทศเป็นปลาล่าเหยื่อ โดยสามารถกินเหยื่อที่มีขนาด $\frac{1}{4}$ ของตัวมันเอง มันจึงส่งผลกระทบต่อปลาท้องถิ่นอย่างรุนแรง (Termvidchakorn *et al.*, 2003; Welcomme & Vidthayanon, 2003) ดังนั้นปลาชนิดนี้จึงจัดเป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกราน และจำเป็นต้องกำจัดหรือควบคุมไม่ให้ปลาดุกเทศมีจำนวนประชากรในแม่น้ำเพิ่มขึ้น

ปลาकिनยุง (*Gambusia affinis*) (ภาพที่ 2.8) พบว่ามีการกระจายพันธุ์อยู่ในแม่น้ำน่านและแม่น้ำปัว ส่วนปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*) (ภาพที่ 2.9) พบว่ามีการกระจายพันธุ์อยู่ในแม่น้ำน่าน แม่น้ำปัว แม่น้ำย่าง และแม่น้ำว้า สาเหตุที่พบปลาทั้ง 2 ชนิดนี้ในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน เกิดจากความต้องการในการควบคุมและกำจัดลูกน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงได้ปล่อยปลาทั้ง 2 ชนิดลงในแม่น้ำโดยตรง จากการสังเกตพบว่าปลาทั้ง 2 ชนิดนี้อาศัยรวมกันเป็นฝูงอยู่ตามบริเวณน้ำริมฝั่งที่มีกระแสน้ำไหลเอื่อย ๆ และมีสาหร่ายขึ้นตามพื้นที่ท้องน้ำ และยังพบว่าปลาชนิดนี้เป็นอาหารของปลาล่าเหยื่อหลายชนิด เช่น ปลากะสูบขีด ปลาช่อน เป็นต้น นอกจากนี้ในการสำรวจยังสามารถเก็บรวบรวมลูกปลาของปลาทั้ง 2 ชนิดได้เป็นจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการสังเกตในบ่อนุบาลลูกปลา พบว่าปลาकिनยุงและปลาหางนกยูงสามารถกินลูกปลาวัยอ่อนของปลาในบ่อได้ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าปลาทั้ง 2 ชนิดนี้ก็สามารถกินลูกปลาวัยอ่อนของปลาท้องถิ่นที่อาศัยอยู่ในแม่น้ำได้เช่นกัน ซึ่งมีการรายงานว่าปลาकिनยุงนั้นสามารถกินไข่และปลาวัยอ่อนได้ (Welcomme & Vidthayanon, 2003) ดังนั้นปลาकिनยุงจึงถูกจัดให้เป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกรานที่สู่อีกชนิดหนึ่งของโลก (Lowe *et al.*, 2000) ส่วนปลาหางนกยูงนั้นเมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมที่สังเกตได้ ก็สามารถจัดให้เป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกรานได้เช่นกัน

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) (ภาพที่ 2.10) พบว่ามีการกระจายพันธุ์อยู่ทุกแม่น้ำที่ทำการสำรวจ รวมทั้งในอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ ด้วย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าปลาชนิดนี้มีการกระจายพันธุ์เต็มพื้นที่ของลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน นอกจากนี้ยังพบว่าปลานิลอาศัยได้ทั้งบริเวณที่มีกระแสน้ำไหลเอื่อย ๆ พื้นที่ท้องน้ำเป็นโคลน มีพืชน้ำหรือสาหร่ายขึ้นตามพื้นที่ท้องน้ำ และจากการสำรวจยังพบว่าปลาชนิดนี้ออกลูกเป็นจำนวนมากในแม่น้ำต่าง ๆ และอยู่ปะปนกับปลาท้องถิ่น

ได้เป็นอย่างดี นั้นแสดงให้เห็นว่าปลานิลได้ปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและปลาท้องถิ่นในแม่น้ำต่าง ๆ ในจังหวัดน่าน ได้อย่างสมบูรณ์ จากการสังเกตพฤติกรรมของปลานิลในบ่อเลี้ยงพบว่า ปลานิลสามารถกินลูกปลาวัยอ่อนของปลาชนิดอื่นได้ และมีพฤติกรรมก้าวร้าวมากหากปลาชนิดอื่นเข้ามาในเขตแอ่งวางไข่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยอื่น ๆ ที่ระบุว่าปลานิลสามารถกินลูกปลาวัยอ่อนและปลาขนาดเล็กได้ นอกจากนี้ยังมีส่วนก่อความเสียหายและทำให้ปลาท้องถิ่นหนีไปจากแหล่งที่ปลานิลอาศัยอยู่ (Kottelat, 2001; Welcomme & Vidthayanon, 2003) จากพฤติกรรมดังกล่าวจึงสามารถจัดให้ปลานิลเป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกรานได้

ปลานิลแดงหรือปลาทับทิม (*Oreochromis hybrid* [red tilapia]) (ภาพที่ 2.11) เป็นปลาต่างถิ่นที่มาจากเขตภูมิศาสตร์อื่นของประเทศไทยที่พบว่าการกระจายพันธุ์อยู่ในแม่น้ำน่านบริเวณบ้านน้ำครกใหม่ อำเภอเมือง และแม่น้ำสา บริเวณบ้านปากกล้วย อำเภอเวียงสา สาเหตุที่พบปลาชนิดนี้ในทั้ง 2 แม่น้ำ คือ ปลาหลุดออกมาจากกระชังเลี้ยงปลาทับทิมในแม่น้ำน่าน แต่ไม่พบว่ามีลูกปลานิลแดงขนาดเล็กในบริเวณดังกล่าว ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเป็นปลานิลแดงที่ได้รับการแปลงเพศมาแล้ว แต่จากการสังเกตในบ่อเลี้ยงพบว่าปลานิลแดงมีพฤติกรรมเหมือนกับปลานิล คือ สามารถกินลูกปลาวัยอ่อนได้ และห่วงอาณาเขตของตัวเอง จากพฤติกรรมดังกล่าวจึงสามารถจัดให้ปลานิลแดงเป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกรานได้เช่นกัน

ปลาชะโด (*Channa micropeltes*) (ภาพที่ 2.12) เป็นปลาต่างถิ่นที่มาจากเขตภูมิศาสตร์อื่นของประเทศไทย อีกชนิดหนึ่งที่พบว่าการกระจายพันธุ์อยู่ในแม่น้ำน่านบริเวณเหนือเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอนาหมื่น และ แม่น้ำสา บริเวณบ้านปงสนุก อำเภอเวียงสา พบว่าปลาชะโดที่กระจายพันธุ์เหนือเขื่อนสิริกิติ์ เป็นปลาที่ถูกนำเข้ามาเลี้ยงโดยชาวประมงที่อพยพมาจากภาคกลางหลังจากเขื่อนถูกสร้างแล้วเสร็จ และในปัจจุบันพบว่าปลาชะโดในบริเวณดังกล่าวสามารถแพร่พันธุ์ได้เป็นอย่างดี ส่วนปลาชะโดที่พบในแม่น้ำสา บริเวณบ้านปงสนุกเป็นปลาชะโดที่หลุดออกมาจากอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำอู ซึ่งนักตกปลาเป็นผู้ที่นำไปปล่อยในอ่างเก็บน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเกมสตกปลาเท่านั้น แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือ ปลาชะโดซึ่งจัดเป็นปลาล่าเหยื่อ (Sukomol & Promprasert, 2007) กินปลาชนิดต่าง ๆ ในอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำอูและปลาท้องถิ่นในแม่น้ำสาบริเวณบ้านปงสนุก ทำให้ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของปลาท้องถิ่นในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นจากพฤติกรรมของปลาชะโดจึงสามารถจัดว่าเป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกราน และควรมีการกำจัดออกจากแหล่งน้ำธรรมชาติ



1. *Cirrhinus cirrhosus* 267.3 mm SL



2. *Cyprinus carpio* 276.8 mm SL



3. *Cyprinus rubrofusca* 137.8 mm SL



4. *Leptobarbus rubripinna* 211.4 mm SL

ภาพที่ 2 ชนิดปลาต่างถิ่นที่มีการกระจายพันธุ์ในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน

5. *Pterygoplichthys disjunctivus* 80.0 mm SL6. *Pterygoplichthys pardalis* 211.8 mm SL7. *Clarias gariepinus* 187.2 mmSL8. *Gambusia affinis* 19.8 mm SL9. *Poecilia reticulata* 14.8 mm SL10. *Oreochromis niloticus* 52.8 mm SL11. *Oreochromis hybrid* 89.7 mm SL12. *Channa micropeltes* 321.8 mm SL

ภาพที่ 2 ชนิดปลาต่างถิ่นที่มีการกระจายพันธุ์ในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน (ต่อ)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาปลาต่างถิ่นที่พบในจังหวัดน่านทั้ง 12 ชนิดที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและปลาท้องถิ่นของกลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่านในระยะสั้นพบว่า ปลาชะโด และ ปลาดุกเทศ น่าจะมีผลกระทบมากกว่าปลาต่างถิ่นอีก 8 ชนิด แต่ในระยะยาวจำเป็นต้องมีการติดตามและเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งจะทำให้เห็นได้ว่าปลาต่างถิ่นแต่ละชนิดที่พบในกลุ่มแม่น้ำน่านในเขตจังหวัดน่านมีผลกระทบอย่างไรต่อสภาพแวดล้อมและปลาท้องถิ่น อย่างไรก็ตามหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการรณรงค์และทำความเข้าใจกับชุมชนต่าง ๆ ให้ทราบถึงผลกระทบของปลาต่างถิ่นที่มีต่อปลาท้องถิ่นและสภาพแวดล้อม และควรร่วมมือกำจัดหรือควบคุมเพื่อลดจำนวนประชากรของปลาต่างถิ่นเหล่านี้ให้มีจำนวนที่ไม่สามารถส่งผลกระทบต่อปลาท้องถิ่นและสภาพแวดล้อมได้ ซึ่งจะนำไปสู่การรักษาลาท้องถิ่นของจังหวัดน่านให้คงอยู่อีกทางหนึ่ง

4. สรุป

จากการสำรวจชนิดปลาในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่านพบปลาต่างถิ่นมีการกระจายพันธุ์จำนวน 12 ชนิด โดยเป็นปลาต่างถิ่นที่นำเข้ามาจากต่างประเทศจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ ปลานวลจันทร์เทศ ปลาไน 2 ชนิด ปลากดเกราะ 2 ชนิด ปลาดุกเทศหรือปลาดุกยักษ์ ปลาถิ่นยุง ปลาหางนกยูงและปลานิล และปลาต่างถิ่นที่นำมาจากเขตภูมิศาสตร์อื่นของประเทศไทยจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ปลาบ้า ปลาทึบเข็มและปลาชะโด โดยพบว่าเป็นปลาต่างถิ่นประเภทรุกรานจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ปลาไน 2 ชนิด ปลาดุกเทศ ปลากดเกราะ 2 ชนิด ปลาถิ่นยุง ปลาหางนกยูง ปลานิล ปลานิลแดงและปลาชะโด และเป็นปลาต่างถิ่นประเภทไม่รุกรานจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ปลานวลจันทร์เทศและปลาบ้า สำหรับสาเหตุการพบปลาต่างถิ่นในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่านมี 2 สาเหตุ ได้แก่ การหลุดออกมาจากบ่อเลี้ยงและตั้งใจปล่อยลงแม่น้ำโดยตรง

เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและปลาท้องถิ่นของลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่านในระยะสั้นนั้นพบว่า ปลาชะโด และ ปลาดุกเทศ น่าจะมีผลกระทบมากกว่าปลาต่างถิ่นอีก 10 ชนิด แต่ในระยะยาวจำเป็นต้องมีการติดตามและเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้ทราบว่าปลาต่างถิ่นแต่ละชนิดมีผลกระทบอย่างไรต่อสภาพแวดล้อมและปลาท้องถิ่นในลุ่มน้ำน่านในเขตจังหวัดน่าน เพื่อหาวิธีการรับมือถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแหล่งทุนที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยตลอดระยะเวลา 15 ปีที่ผ่านมา ได้แก่ สำนักเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนบน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ขอขอบพระคุณ ดร. กฤษพงศ์ กิรติกร อดีตคณบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้กรุณาติดตามและเฝ้าอำนวยการแหล่งทุนในการวิจัย ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์คมสัน อำนวยสิทธิ์ อดีตรองอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่เฝ้าอำนวยการความสะดวกในการออกปฏิบัติงานภาคสนาม ขอขอบคุณผู้นำชุมชนและคนทุกชุมชนที่อนุญาตให้เข้าสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างปลาในเขตอนุรักษ์สัตว์น้ำของแต่ละชุมชน และขอขอบใจนักศึกษาลำดับสูงตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาประมงทุกคนที่ร่วมปฏิบัติงานภาคสนาม

6. เอกสารอ้างอิง

- Chaichana, R, S. Pouangcharean and R. Yoonphand. 2013. Foraging effects of the invasive alien fish *Pterygoplichthys* on eggs and first-feeding fry of the native *Clarias microcephalus* in Thailand. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 47: 581-588.
- Fowler, H.W. 1937. Zoological results of the third De Schauensee Siamese Expedition. Part VIII,—Fishes obtained in 1936. Proc. Acad. Nat. Sci. Philad. 89: 125-264.
- Gallardo, B., M. Clavera, M.I. Sánchez and M. Vilà. 2015. Global ecological of invasive species in aquatic ecosystems. Glob. Chan. Biol. 22 (1): 151-163.
- Inland Fisheries Research and Development Division. 2010. Exotic aquatic species. Department of Fisheries. Bangkok. (in Thai)
- Innal, D. 2012. Alien fish species in reservoir in Turkey: review. Manage. Biol. Inv. 3 (2): 115-119.
- Jayaram, K.C. 1999. The freshwater fishes of the Indian Region. Narendra Publishing House, Delhi.
- Kaensa, W., S. Pakdirach and H. Mewika. 2017. Diversity of Fishes in Lakkudthing wetland of Bueng Kan Province. Saksriagsornkarnpim. Udon Thani. (in Thai)
- Kottelat, M. 2001. Fishes of Laos. WHT Publications, Colombo.

- Kulabtong, S. and S. Kunlapapuk. 2011. **Checklist of freshwater fishes in the Chao Phraya River, Nontaburi Province.** Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries. 463-471. (in Thai)
- Kunlapapuk, S., S. Kulabtong and P. Saipattana. 2014. **Species diversity and abundance of brackish fishes at mangrove area of Phetchaburi.** Veri. E-J. Sci. Tech. Silpakorn Univ. 1 (3): 77-90. (in Thai)
- Latini, A.O. 2004. **Reproduction of a native fish fauna by alien species: an example from Brazilian freshwater tropical lakes.** Fish. Man. Eco. 11: 71-79.
- Lothongkham, A. and P. Kullama. 2011. **Fish Diversity in Yao River (a Tributary of the Upper Nan River Basin) Nan Province.** Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries. 454-462. (in Thai)
- Lowe S., M. Browne, S. Boudjelas and M. De Poorter. 2000. **100 of the World's worst invasive alien species a selection from the global invasive species database.** Hollands Printing Ltd. Auckland.
- Methithanunwatana, C. 2012. **Fish fauna in Lower Mekong River from Chiang Khan to Pak Chom.** Wanida Press. Chiang Mai. (in Thai)
- Muchlisin, Z.A. 2012. **First report on introduced freshwater fishes in the waters of Aceh, Indonesia.** Arch. Pol. Fish. 20: 129-135.
- Nelson, J.S., T. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. **Fishes of the World.** John Wiley & Sons, New Jersey.
- Panitvong, N. 2020. **Freshwater Fishes of Thailand.** Parbpim. Bangkok. (in Thai)
- Pallewatta, N., J.K. Reaser and A.T. Gutierrez. 2002. **Prevention and Management of Invasive alien species: Proceeding of a workshop on forging cooperation throughout South and Southeast Asia.** Global Invasive Species Program, Cape Town, South Africa.
- Pallewatta, N., J.K. Reaser and A.T. Gutierrez. 2003. **Invasive alien species in South-southeast Asia: National Reports and Directory of Resources.** Global Invasive Species Program, Cape Town, South Africa.
- Page, L.M. and R.H. Robins. 2006. **Identification of sailfin catfishes (Teleostii: Loricariidae) in Southeastern Asia.** Raffles Bull. Zool. 54 (2): 455-457.
- Pongcharean, S., P. Pichitkul, S. Sirisuay and S. Janekitkarn. 2010. **Exploration of fish fauna in western Chaophraya basin, Kamphaeng Phet, Nakhon Sawan and Uthai Thani province.** Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries. 617-715. (in Thai)
- Sukomol, P. and J. Promprasert. 2007. **SOME BIOLOGICAL ASPECTS OF GIANT SNAKE-HEAD *Channa micropeltes* (Cuvier, 1831).** Phichit Inland Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries. Phichit. (in Thai)
- Suksileung, S., R. Koto, C. Atthasasana, A. Suantan, S. Wongroj and A. Ngamniyom. 2011. **A survey of aquatic animal diversity in Watthana Nakhon District, Sa Kaeo Province for educational ecotourism.** SWU Sci. J. 27 (2): 207-227. (in Thai)

- Piyakarnchana, T. 1989. **Exotic aquatic species in Thailand**. In: De Silva SS (ed), *Exotic Aquatic Organisms in Asia: Proceedings of a Workshop*, Asian Fisheries Society Special Publication. 3: 119-124.
- Russel, J.C., J.Y. Meyer, N.D. Holmes and S. Pagad. 2017. **Invasive alien species on islands: impacts, distribution, interactions and management**. *Env. Cons.* 44 (4): 359-370.
- Sultana, M. and Z.H. Hashim. 2015. **Invasive alien fish species in freshwater of the Continents**. *J. Env. Sci. Nat. Res.* 8 (2): 63-74.
- Suvarnaksha, A. 2016. **Fishes of Ping River Basin**. Office of Academic administration and Development (Publisher), Maejo University. Chiang Mai. (in Thai)
- Tanmuangpak, K., W. Zumstein, N. Kledjeen and C. Rakmanee. 2016. **Species diversity of fresh water fish in Loei River, at Phu Luang District, Loei Province**. *Proceedings The 8th Science Research Conference*, University of Phayao: 149-154. (in Thai)
- Teletchea, F. and J.N. Beisel. 2018. **Alien fish species in France with emphasis on the recent invasive of gabies**. *Biol. Res Wat.* 75-92.
- Termvidchakorn, A., C. Vidthayanon, Y. Getpetch and P. Paradonpanichakul. 2003. **Alien Aquatic Species in Thailand**. Department of Fisheries. Bangkok. (in Thai)
- Tiogué, C.T., D. Nguenga, M.E. Tomedi-Tabi, J. Tekwombuo, G. Tekou and J. Tchoumboué. 2018. **Alien fish species in the Mbô floodplain rivers in Cameroon**. *Inter. J. Biod.* 1-9.
- Valunpon, S. and A. Suvarnaksha. 2013. **Fish species diversity in the Ing River**. *Khon Kaen Agr. J.* 41 Suppl. 1: 116-122. (in Thai)
- Veitch, C.R., M.N. Clout and D.R. Towns. 2011. **Island invasives: Eradication and Management**. *Proceedings of the International conference on Island Invasive*. Gland, Switzerland: IUCN and Auckland, New Zealand:CBB. Xii+542 pp.
- Vidthayanon, C. 2005. **Aquatic alien species in Thailand (part 1) /n International mechanisms for the control and responsible use of alien species in aquatic ecosystem**, 113-118. FAO, Rome.
- Welcomme, R. and C. Vidthayanon. 2003. **The impacts of introductions and stocking of exotic species in the Mekong Basin and policies for their control**. MRC Technical Paper No. 9, Mekong River Commission, Phnom Penh.

(Received: 24/May/2019, Revised: 4/Nov/2020, Accepted: 11/Nov/2020)

การศึกษาสถานการณ์สารเร่งเนื้อแดงตกค้างในเนื้อโคจังหวัดมหาสารคาม

Situations Study of Leanness-Enhancing Residual in Beef

In Mahasarakham Province

รพีพัฒน์ นาเคียภัย¹ เกียรติศักดิ์ พิมพ์จ่อง¹ สุขกมล เกตุพลทอง¹ และ ผกาพรรณ เพลียวงษ์²Rapeepat Nakeepai¹, Kiattisak Pimpjong¹, Sukkamon Ketphonthong¹and Phakapan Plaiwong²¹สำนักงานวิชาการ ²สำนักงานวิจัยและบริการวิชาการ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม¹Academic office, ²The office research and academic services, Faculty of Veterinary science, Mahasarakham University

Correspondence author: forever_3333@hotmail.com Telephone number: 062-1699769

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีผู้บริโภคเนื้อโคมากขึ้นแต่อาจไม่ทราบถึงอันตรายที่เกิดจากสารเร่งเนื้อแดงหรือสารซาลบูตามอลที่ตกค้างอยู่ในเนื้อ วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาการตกค้างของสารซาลบูตามอลในเนื้อโคของร้านค้าเนื้อสดในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม โดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างเนื้อโคตั้งแต่วันที่ 16 มิถุนายน ถึง 15 กรกฎาคม 2562 จำนวน 40 ตัวอย่าง ใช้วิธีการทดลองตามชุดทดสอบ B smart Sci ผลการทดสอบไม่พบสารซาลบูตามอลจำนวน 39 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 97.5 ของร้านขายเนื้อโค ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเนื้อโคในจังหวัดมหาสารคามค่อนข้างมีความปลอดภัยสูงจากสารเร่งเนื้อแดง

คำสำคัญ : สารเร่งเนื้อแดง ซาลบูตามอล เนื้อโค จังหวัดมหาสารคาม

Abstract

In present, beef is increasingly consumed by consumers, but they do not realize the danger of leanness-enhancing substance or salbutamol remained in the beef. The objective of this research was to study salbutamol residues in beef from butcher shops in Mahasarakham province. Forty beef samples were surveyed and collected during June 16 to July 15, 2019. They were tested in laboratory using B Smart Sci Test. The results showed that salbutamol was not detected in 39 beef samples (97.5% of butcher shops). Therefore, it should be concluded that beef sold in Mahasarakham province was rather safe from leanness-enhancing substance.

Keywords : Leanness-enhancing substance, Sulbutamol, beef, Mahasarakham province

1. บทนำ

สารเร่งเนื้อแดงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ ซาลบูตามอล และคลอนบูทาลอล Cholwihanpan *et al.* (2015) ใช้เพื่อให้เนื้อสัตว์เศรษฐกิจ เช่น ไก่ โค หมู มีสีแดงสดน่ารับประทาน เป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภค และพ่อค้าคนกลาง ซึ่งนำมาผสมลงในน้ำหรืออาหารให้กับสัตว์รับประทาน แต่ผู้บริโภค พ่อค้าคนกลาง เกษตรกร ฟาร์มที่เลี้ยงโคไว้เพื่อจำหน่าย บางกลุ่มอาจไม่ทราบถึงพิษของสารเร่งเนื้อแดงเมื่อรับประทานเนื้อสัตว์ที่มีสารเร่งเนื้อแดงสะสมตามบริเวณกล้ามเนื้อ ไขมัน และไขกระดูก เข้าสู่ร่างกาย และเมื่อรับประทานเนื้อสัตว์ที่มีสารเร่งเนื้อแดงสะสมเป็นระยะหนึ่งอาจจะแสดงอาการเกิดพิษแก่ผู้บริโภค เช่น อาการเวียนศีรษะ อาเจียน อาการเกร็ง หัวใจเต้นแรง กล้ามเนื้อกระตุก หรืออ่อนไม่หลับ Thanomsap (2002) ซึ่งอาการเหล่านี้อาจแสดงหรือไม่แสดงขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล คือ กรรมพันธุ์ ปริมาณสารที่สะสมในเซลล์ที่เกิดพิษ และระยะเวลาที่รับสารเร่งเนื้อแดง นอกจากนี้ ไม่มีประเทศใดขึ้นทะเบียนสารกลุ่มเบตาอะโกนิสต์ เป็นยาสัตว์ เพราะไม่มีการศึกษา หรือมีงานวิจัยที่เพียงพอที่ศึกษาความเป็นพิษของสารเร่งเนื้อแดงในมนุษย์ สัตว์และ

สิ่งแวดล้อม แต่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อสัตว์ให้มีสีแดง และลดปริมาณไขมัน Noppol and Noimay (2004) ค่า Maximum Residue Limit หรือ MRL ของคลอโรบิวเทอรอล/ซาลบูทามอล ทาง Food and Agriculture Organization of the United State/World Health Organization หรือ FAO/WHO และ Codex Alimentarius Commission หรือ CAC ได้กำหนดค่าที่สามารถตรวจพบตกค้างตามอวัยวะ และเนื้อ ได้แก่ กล้ามเนื้อ ไขมัน ตับ และไต คือ 0.2, 0.2, 0.6 และ 0.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ Mookhajohnpan (2004)

การค้าขายเนื้อโคในปัจจุบัน เน้นการผลิตเพื่อการส่งออกมากกว่าเลี้ยงไว้ใช้งาน หรือบริโภค จึงมีฟาร์มเลี้ยงโคเพิ่มขึ้น เกษตรกรรายย่อยบางกลุ่มหันมาเลี้ยงโคเพื่อการค้าหลังจากการทำนา จากการศึกษาของ Noppol and Noimay (2004) ซึ่งศึกษาสารเร่งเนื้อแดงในเนื้อหมูเขตพื้นที่ร้อยแก่นสารสินธุ์ (ร้อยเอ็ด ขอนแก่น มหาสารคาม และกาฬสินธุ์) พบว่ามีปริมาณการตกค้างที่ตรวจพบในเนื้อสุกรมีค่าเฉลี่ย 0.000-0.196 ng/ml ส่วนตับสุกร พบ 0.000-0.469 ng/ml ส่วนค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ คือ 2 ng/ml อัตราการตรวจพบสารเร่งเนื้อแดง คือ 91.95% พบ 240 ตัวอย่างใน 261 ตัวอย่าง ซึ่งหมูเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้กับประเทศเช่นเดียวกับโค แต่การศึกษาสารเร่งเนื้อแดงในเนื้อโคเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคามมีการศึกษาเป็นจำนวนน้อย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการใช้สารซาลบูทามอลตกค้างในเนื้อโคของร้านค้าที่จำหน่ายเนื้อสดในจังหวัดมหาสารคามในปัจจุบัน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารซาลบูทามอลตกค้างในเนื้อโคของร้านค้าที่จำหน่ายเนื้อสดในจังหวัดมหาสารคาม

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 รูปแบบการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อศึกษาการใช้สารซาลบูทามอลตกค้างในเนื้อโค ในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ณ สถานที่จำหน่ายเนื้อวัว ได้แก่ ร้านค้าเนื้อโค ห้างสรรพสินค้า ตลาดนัด ตลาดสด และร้านอาหาร ระหว่างเดือน มิถุนายน ถึง กรกฎาคม 2562

2.2 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างตามสถานที่ต่าง ๆ ร้านค้าเนื้อโค ห้างสรรพสินค้า ตลาดนัด ตลาดสด และร้านอาหาร คือ ใน 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอบรบือ อำเภอวาปีปทุม อำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเชียงยืน และอำเภอกันทรวิชัย จำนวน 40 ตัวอย่าง จากร้านค้าจำหน่ายเนื้อโคสดทุกร้านในจังหวัดมหาสารคาม

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 2.3.1 ชุดตรวจสารเร่งเนื้อแดง (Salbutamol) (B Smart Sci)
- 2.3.2 เครื่องบดอาหาร (Blender)
- 2.3.3 เครื่องเขย่าสารละลาย (Vortex mixer)
- 2.3.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Balance)
- 2.3.5 ขวดสีชา
- 2.3.6 ลังโฟม
- 2.3.7 น้ำแข็ง
- 2.3.8 เนื้อโค
- 2.3.9 ขวดดูดแรน
- 2.3.10 ถังพลาสติก
- 2.3.11 ปีกเกอร์ (Beakers)
- 2.3.12 ที่วางหลอดทดลอง (Rack)
- 2.3.13 กระบอกตวง (Cylinder)
- 2.3.14 เครื่องดูดจ่ายสารละลาย (Autopipette)

2.3.15 หลอดดูดจ่ายสารละลาย (Pipette tips)

2.3.16 นาฬิกาจับเวลา (Timer)

2.3.17 คอมพิวเตอร์ (Computer)

2.4 ขั้นตอนและวิธีการ

2.4.1 เก็บตัวอย่างไว้ในถังโฟมและมีน้ำแข็งปกคลุมเนื้อสัตว์ทั้งข้างบนและข้างล่างในถังโฟม

2.4.2 วิธีการทดลองจาก Test Kit ยี่ห้อ B Smart Sci

2.4.2.1 ล้างตัวอย่างด้วยน้ำสะอาด นำส่วนที่เป็นเนื้อ (ไม่มีไขมัน) ไปบดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักเนื้อ 5 กรัม ใส่ลงในขวดหมายเลข 1 เติมน้ำสะอาด 8 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที เติมน้ำยา SB1 2 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

2.4.2.2 เติมน้ำยา SB1 มิลลิลิตร และ SB2 4 มิลลิลิตร ลงในถ้วยหมายเลข 1 นำแผ่นเมมเบรน วางบนถ้วยหมายเลข 1

2.4.2.3 ใช้ช้อนพายตัวอย่างออกมาจากขวดหมายเลข 1 แล้วเทน้ำลงบนแผ่นเมมเบรนจนหมด

2.4.2.4 จัดทำแผ่นเมมเบรนให้เป็นถุง แล้วตั้งทิ้งไว้ในถ้วยหมายเลข 1 จับเวลา 20 นาที แล้วนำถุงเมมเบรนออกจากถุง

2.4.2.5 เทน้ำจากถ้วยหมายเลข 1 ลงในขวดหมายเลข 2 จนหมด เติมน้ำยา SB3 จำนวน 4 หยด เขย่าเบา ๆ แล้วเติมน้ำยา SB4 รินจนถึงคอขวดแล้วปิดฝา เขย่า จับเวลา 15 นาที เพื่อรอแยกชั้น

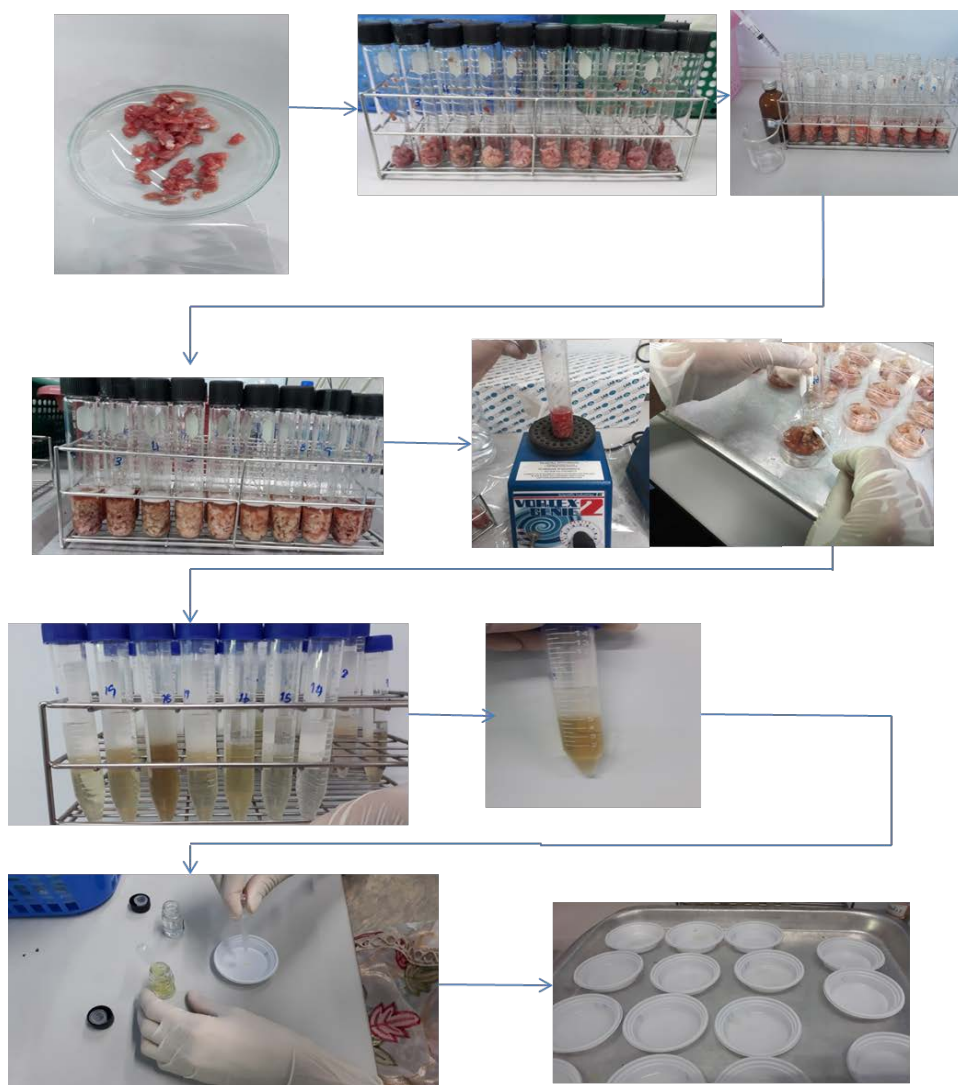
2.4.2.6 ดูดน้ำยาชั้นบน (อย่าให้น้ำยาชั้นล่างติดมาด้วย) ใส่ลงในถ้วยระยะเหย ตั้งทิ้งไว้จนน้ำยาระเหยหมด เติมน้ำยา SB5 จำนวน 1 หยด เขย่าเบา ๆ ให้น้ำไหลทั่วถ้วยระยะเหย จับเวลา 5 นาที แล้วอ่านผล

หมายเหตุ

1. สีม่วง คือ มีสารซัลบูทามอล (สารเร่งเนื้อแดง)
2. สีเหลือง หรือสีครีม คือ ไม่มีสารเร่งเนื้อแดง
3. น้ำยา SB1-5 คือน้ำยาชุดตรวจซัลบูทามอล

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

$$\text{ใช้สถิติร้อยละ} = \frac{(\text{จำนวนที่ไม่พบสารเร่งเนื้อแดงในเนื้อโครายใหม่}) * 100}{\text{จำนวนตัวอย่างเนื้อวัวที่นำมาตรวจทั้งหมด ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง}}$$



ภาพที่ 1 วิธีการทดลองโดยใช้ตามวิธีการทดลองของชุดทดสอบ B Smart Sci

3. ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 การเก็บตัวอย่างในจังหวัดมหาสารคาม

ลำดับที่	อำเภอ	สถานที่/จำนวนตัวอย่างที่เก็บมาตรวจ				
		ร้านค้าเนื้อโค	ห้างสรรพสินค้า	ตลาดนัด	ตลาดสด	ร้านอาหาร
1	เมืองมหาสารคาม	16	1	0	1	0
2	บรบือ	4	0	0	2	4
3	วาปีปทุม	1	0	0	0	0
4	โกสุมพิสัย	1	0	3	0	0
5	เขียงยืน	2	0	0	0	0
6	กันทรวิชัย	3	0	0	2	0
รวมตัวอย่างทั้งหมด = 40		27	1	3	5	4

จากการเก็บตัวอย่างตามสถานที่ต่าง ๆ คือ ร้านอาหาร ร้านค้าเนื้อโค ตลาดนัด ตลาดสด และห้างสรรพสินค้า ในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคามทั้งหมด 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอบรบือ อำเภอวาปีปทุม อำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเชียงยืน และอำเภอกันทรวิชัย เก็บตัวอย่างมาทั้งหมดจำนวน 40 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บจำนวนตัวอย่างแต่ละพื้นที่การคำนวณ 300 กรัม และนำตัวอย่างจากตารางที่ 1 มาตรวจสอบหาสารปนเปื้อนโดยใช้ชุดตรวจสอบสารเร่งเนื้อแดง ยี่ห้อ B Smart Sci ตรวจสอบสารเร่งเนื้อแดง หรือซาลบูทามอลซึ่งชุดทดสอบสามารถตรวจสอบสารดังกล่าวได้ความเข้มข้นน้อยที่สุด คือ 10 ppb ซึ่งไม่พบสารซาลบูทามอลจำนวน 39 ตัวอย่างจากร้านขายเนื้อโคสด เมื่อคำนวณจากสูตร

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละ} &= \frac{(\text{จำนวนที่ไม่พบสารเร่งเนื้อแดงหรือซาลบูทามอลในเนื้อโครายใหม่}) * 100}{\text{จำนวนตัวอย่างเนื้อวัวที่นำมาตรวจทั้งหมด ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง}} \\ &= \frac{39 * 100}{40} \\ &= 97.5 \text{ ของร้านขายเนื้อโคสดจังหวัดมหาสารคาม} \end{aligned}$$

ดังนั้น จังหวัดมหาสารคามไม่พบสารเร่งเนื้อแดงในร้านขายทั้งหมด 39 ร้านขายเนื้อโคสดจาก 40 ร้านขายเนื้อโคสด คิดเป็นร้อยละ 97.5 ของร้านขายเนื้อโคสด

ตารางที่ 2 สถานที่ขายเนื้อโคไม่พบและพบสารเร่งเนื้อแดงจังหวัดมหาสารคาม

ลำดับที่	อำเภอ	สถานที่/จำนวนตัวอย่างที่เก็บมาตรวจ				
		ร้านค้าเนื้อโค	ห้างสรรพสินค้า	ตลาดนัด	ตลาดสด	ร้านอาหาร
1	เมืองมหาสารคาม	ไม่พบ	ไม่พบ	+	+	+
2	บรบือ	ไม่พบ	+	+	ไม่พบ	ไม่พบ
3	วาปีปทุม	ไม่พบ	+	+	+	+
4	โกสุมพิสัย	ไม่พบ	+	ไม่พบ	+	+
5	เชียงยืน	พบ 1 สถานที่ จาก 2 สถานที่	+	+	+	+
6	กันทรวิชัย	ไม่พบ	+	+	ไม่พบ	+

หมายเหตุ เครื่องหมาย + ไม่ได้เก็บตัวอย่างจากสถานที่ดังกล่าว



ภาพที่ 2 ผลการทดลองที่พบสารซาลบูทามอลและไม่พบสารซาลบูทามอล

4. อภิปรายผล

จากตารางที่ 1 เมื่อตรวจด้วยชุดทดสอบสารเร่งเนื้อแดงยี่ห้อ B Smart Sci สามารถตรวจความเข้มข้นของสารซาลบูทามอลมากกว่า 10 ppb ความเข้มข้นสารเร่งเนื้อแดงที่มากกว่า 10 ppb เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเมื่อรับประทานสะสมในร่างกายจนแสดงอาการดังที่กล่าวมาในบทนำ จากการทดสอบไม่พบสารซาลบูทามอลจำนวน 39 ร้านขาย

เนื้อโคสด จากจำนวน 40 ร้านขายเนื้อโคสด คิดเป็นร้อยละ 97.5 ของร้านขายเนื้อโคสด ซึ่งทำให้ผู้บริโภคมั่นใจถึงความปลอดภัยไม่มีสารเร่งเนื้อแดงหรือสารซาลบูทามอล สถานที่ที่มีความปลอดภัยจากการบริโภคเนื้อโคจะเห็นได้จากตารางที่ 2 ซึ่งไม่พบการใช้สารเร่งเนื้อแดงในเนื้อโค ดังนี้ 1. ห้างสรรพสินค้า 2. ร้านอาหาร 3. ตลาดสด 4. ตลาดนัด สำหรับอำเภอที่ปราศจากสารเร่งเนื้อแดง คือ 1. อำเภอเมืองมหาสารคาม 2. อำเภอกันทรวิชัย 3. อำเภอบรบือ 4. อำเภอวาปีปทุม และ 5. อำเภอโกสุมพิสัย จากการที่ไม่พบสารเร่งเนื้อแดงในเนื้อโคจากสถานที่ดังกล่าว อาจเนื่องมาจากภาครัฐและภาคเอกชน ร่วมกันรณรงค์การงดใช้สารเร่งเนื้อแดงตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้บริโภคเนื้อโค Pichai *et al.* (2005) นอกจากนี้มีมาตรการต่าง ๆ ที่เป็นกฎหมายและข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้สารเร่งเนื้อแดงในเนื้อโคและสัตว์เศรษฐกิจทุกชนิด เช่น พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ 2558 ตามกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ห้ามผู้ใดผลิตหรือนำเข้า หรือขายอาหารสัตว์หรือใช้วัตถุที่ห้ามใช้ผสมในอาหารสัตว์ บางพื้นที่รับเนื้อโคมาขายส่วนใหญ่รับมาจากตลาดเนื้อโค หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าโรงเชือดที่รับมาจากเขตพื้นที่ในอำเภอของจังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดใกล้เคียง เช่น จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดยโสธร ซึ่งมีกรมปศุสัตว์ดูแลการขายเนื้อโคให้ถูกกฎหมาย คือ ไม่พบสารเร่งเนื้อแดง ก่อนออกจากโรงเชือดเพื่อจำหน่ายต่อพ่อค้าคนกลาง หรือผู้บริโภคทั่วไป ซึ่งจะมีตราประทับสีเขียวของกรมปศุสัตว์ประทับที่ขาของโค เพื่อเป็นการรับรองว่าเนื้อโคที่ผู้บริโภคซื้อผ่านการตรวจสอบจากกรมปศุสัตว์ หรือสังเกตได้จากสัญลักษณ์ Q หรือ ปศุสัตว์โอเค ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่กรมปศุสัตว์ออกให้ทางร้านค้า โรงฆ่าสัตว์ ร้านนี้ปราศจากสารเร่งเนื้อแดงและยาปฏิชีวนะ เมื่อสอบถามย้อนกลับถึงการรับเนื้อโคมาจำหน่ายในแต่ละพื้นที่ พบว่า บางพื้นที่รับเนื้อโคจากตลาดโค นำมาเชือดและชำแหละด้วยตนเองที่ร้าน และจำหน่ายด้วยตนเอง นอกจากนี้มีวิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วกระจายไปยังร้านสาขาย่อยของตนเอง มีวิธีการเลี้ยงเอง เชือดและชำแหละเอง และจำหน่ายเอง ครบทุกกระบวนการซึ่งไปรับซื้อโคจากตลาดโคใกล้บ้านซึ่งวิธีการนี้อาจทำให้มีการปนเปื้อนของสารเร่งเนื้อแดงในแหล่งอาหารและแหล่งน้ำของโค และอีกหนึ่งของการจำหน่าย คือ รับจากตลาดโคที่โรงเชือดทำการเชือดและชำแหละแล้วมาจำหน่ายร้านของตนเองในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม จากการสอบถามเจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ขอนแก่น และสุรินทร์ ทำการตรวจสอบสารเร่งเนื้อแดงในโคจะทำการเก็บตัวอย่างในโรงฆ่าสัตว์ โดยนำปัสสาวะของโคมาตรวจสอบสารเร่งเนื้อแดงมากกว่า 1,000 ตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้การสุ่มตรวจ และจะตรวจสอบสองครั้งต่อปี ซึ่งเป็นแนวทางการตรวจเพื่อเฝ้าระวังสถานการณ์ในเนื้อโคเพื่อดูความเสี่ยงหรืออัตราเร็วที่สารเร่งเนื้อแดงจะก่อให้เกิดโทษต่อร่างกายในพื้นที่

ระหว่างการเก็บรักษาในช่วงการขนส่งตัวอย่าง เพื่อป้องกันการระเหยของสารเร่งเนื้อแดงไปส่วนไปกับน้ำในอาหารภายในเนื้อโค จึงมีการเก็บรักษาด้วยน้ำแข็งหลอดปกคลุมทั่วรังโฟม เพื่อให้ความเย็นช่วยชะลอการเสื่อมเสียและยับยั้งปฏิกิริยาการเสื่อมเสียทางชีวเคมีของตัวอย่าง Rungsadthong (2004) ซึ่งถ้าตรวจพบสารเร่งเนื้อแดงจะพบเมื่อให้สารเร่งเนื้อแดงผสมน้ำกับอาหารให้โคกิน ซึ่งสารเร่งเนื้อแดงจะถูกดูดซึมเข้าสู่บริเวณกล้ามเนื้อ ตับ ไต และไขมันเป็นส่วนใหญ่ซึ่งตรวจพบสารเร่งเนื้อแดงบริเวณดังกล่าว เมื่อโคกินเป็นระยะเวลานาน หรือมีผู้บริโภคซื้อเนื้อโคไปรับประทานเป็นระยะเวลานาน อาจพบภาวะเป็นพิษของสารเร่งเนื้อแดง เมื่อนำมาตรวจทางห้องปฏิบัติการจึงเลือกบริเวณที่เป็นส่วนเนื้อมาตรวจ เนื่องจากเป็นส่วนที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกรับประทาน แต่เมื่อผู้เลี้ยงโคอาจทราบหรือไม่ทราบว่าให้สารเร่งเนื้อแดงกับโคไปสักระยะหนึ่ง หรือไม่ให้สารเร่งเนื้อแดง พบว่าสารเร่งเนื้อแดงอาจสะสมตามกล้ามเนื้อ ไต ไขมัน ตับ แต่ยังไม่มีการวิจัยใดที่กล่าวถึงการขับออกของสารเร่งเนื้อแดง เมื่อถูกสะสม และถูกขับออกในรูปปัสสาวะและอุจจาระ

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสารเร่งเนื้อแดงในเนื้อโค เขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ไม่พบสารเร่งเนื้อแดงในเนื้อโค 39 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 97.5 ของร้านขายเนื้อโคสด ผู้บริโภคมีความมั่นใจในการซื้อเนื้อโคมาบริโภคที่ปราศจากสารเร่งเนื้อแดง เนื่องจากการใช้สารเร่งเนื้อแดงมีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนร่วมมือกันรณรงค์ให้ความรู้เรื่องการใช้สารเร่งเนื้อแดงเป็นอย่างดี และมีการออกกฎหมายและข้อกำหนดไม่ตรวจพบสารเร่งเนื้อแดงในเนื้อสัตว์ทุกชนิด เช่น

พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ 2558 ตามกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ห้ามผู้ใดผลิตหรือนำเข้า หรือขาย อาหารสัตว์หรือใช้วัตถุที่ห้ามใช้ผสมในอาหารสัตว์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้คำปรึกษาทางด้านสถิติ และระบาดวิทยา ขอขอบคุณคณบดี อาจารย์ นิสิต บุคลากร หน่วยวิจัยอาหารสัตว์คุณภาพ ผู้ทรงคุณวุฒิภายในคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ได้ให้คำชี้แนะ ความร่วมมือ การสนับสนุนและการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการทำวิจัย โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2562 คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และได้รับวัสดุอุปกรณ์การทำวิจัยจากทางหุ้นส่วนจำกัด ซีแอลเอส ซัพพลาย แอนด์ เซอร์วิส

7. บรรณานุกรม

- Cholwihanpan W., D. Boottawong and N. Sawatdirat 2015. **Study of beta-agonists residual substances in pork in Saraburi Province.** Food and Drug Journal, 23: 19-26. (In thai)
- Mookhajohnpan D. 2004. **Dangerous leanness-enhancing of consume.** Forquality, 11: 30-35. (In thai)
- Noppol B. and P. Noimay. 2004. **Report of survey research leanness-enhancing residual pork in Roi-Kaen-Sara-Sin areas.** Khonkaen:Veterinary of science Khonkaen University. (In thai)
- Pichai S, J. Pichai and P. Chinnawatthanawong 2005. **Beta-agonist residues in pork meat in the Upper North of Thailand.** 14: 384-388. (In thai)
- Thanomsap P. 2002. **Leanness enhancing of dangerous Salbutamol.** Public health doctor, 11: 57-60. (In thai)
- Rungsadthong W. 2004. **Food processing.** Published 4th. Bangkok: Department of Argo-Industry technology Faculty of Applied Science King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok. (In thai)

(Received: 21/May/2020, Revised: 19/Nov/2020, Accepted: 26/Nov/2020)

Effect of Artificial Feed and Algae on Growth Rate of Thorny Oyster (*Spondylus varians*)

Saetung, C.^{1*}, Jamsawat, V.¹, Nuklad, N.², Tongjun, J.¹ and Kasamechotchung, C.¹

¹ Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan - ok

² Student Development Division, Rajamangala University of Technology Tawan - ok

*e-mail: chongko_s@yahoo.com Call: 0863812506

Abstract

Spondylus varians or rock scallop or thorny oyster was native bivalve in Thailand and was used in many ways such as food in many countries but had never been raised before. It must be taken from the wild and more catches every year, especially in the eastern part of Thailand. Because it had the potential to develop into an economic mollusk in Thailand so this study was conducted on the possibility of raising *Spondylus varians* by using 3 different levels of artificial feed as 3, 4.5 and 6 mg/l and 3 different species of algae as *Chaetoceros* sp., *Tetraselmis* sp. and *Thalassiosira* sp. under experimental conditions in wet laboratory for 4 months. The experimental design was 3 x 3 factorial in CRD. It was found that all groups had no significant difference in length and height ($P > 0.05$) after 4 months and had no significant difference in length and height when compared with the beginning of the experiment. In cases of survival rate, there were no statistically significant differences. Survival rates ranged from 83.3 to 100 percent, indicating that *Spondylus varians* could be raising under indoor condition.

Keywords : *Spondylus varians*, artificial feed, algae, growth rate

1. Introduction

Spondylus varians or rock scallop or thorny oyster or rabbit teeth shell (local name, because of a few prominent teeth in hinge) was native bivalve in Thailand. This species was classified in the Spondylidae family. In 1966, there was a report about mollusk species in Thailand but there was no record about this thorny oyster. In 2001, this family was found in the southern Gulf of Thailand (Swennen *et al.*, 2001). Soria *et al.* (2010) reported that this genus when mature, shell length was up to 210 mm. Thorny oyster was also found in Colombia, Mexico and Gulf of California (Poutiers, 1995). The outer shell was rough, spiny and dark color. The inner shell was white pearl. This spondylid was used in many ways and could be cooked into a variety of food. Currently, this thorny oyster was not cultured. It must be taken from nature and more natural catches every year, especially in the eastern part of Thailand.

Because it has the potential to develop into an economic mollusk in Thailand and can be exported abroad because other countries have consumed this type of oyster. In order to prevent extinction, it must be studied in terms of culture and breeding. This research was the starting project to study the feasibility of raising thorny oyster or rock scallop in indoor condition by used the knowledge gained from the other researches of aquatic shelled mollusk. The artificial feed that sold for feeding aquatic animals and algae were considered as the first choice for feeding this oyster. These

would make raising thorny oyster in the indoor tanks were convenient and reduced the workload of preparing algae while less used the area to prepare algae. This may be used as a prototype for the development of culture economic shellfish.



Figure 1 General morphology of thorny oyster.

A) Thorny oyster shell. B) Living thorny oyster in tank.

So the objectives of this research were to determine the growth rate and survival rate of *Spondylus varians* fed with artificial feed by using 3 different levels of artificial feed as 3, 4.5 and 6 mg/l and 3 different species of algae as *Chaetoceros* sp., *Tetraselmis* sp. and *Thalassiosira* sp. under experimental conditions in wet laboratory for 4 months.

2. Materials and Methods

2.1 Preparation of *Spondylus varians*

Spondylus varians were caught from the coast in Chonburi province, in the eastern part of Thailand on September 2019. The lengths and heights of *Spondylus varians* were more than 6 cm. After caught from the sea, they were brought to the indoor hatchery where the experiments were conducted at Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan - ok, Chonburi, Thailand. Before the experiment, they were acclimatized for 10 days in the plastic tanks filled with 30-32 ppt of seawater which was disinfected with chlorine treated. *Spondylus varians* were fed with microalgae and artificial marine shrimp larval feed one time a day with the aeration in the tanks all the time.

2.2 Effect of feeds on growth and survival rate of *Spondylus varians*

After acclimatization, *Spondylus varians* were divided into 9 groups with 3 replications. The study was divided into 2 factors. Factor one was the different amounts of artificial feed by using 3 different levels of artificial feed as 3, 4.5 and 6 mg/l/day. Artificial feed used in this experiment was a fine powder feed for zoea and mysis shrimp contained 51% protein, 6% fat, and 3% fiber. Factor two was three different species of algae as *Chaetoceros* sp., *Tetraselmis* sp. and *Thalassiosira* sp. Algae densities were approximately $6-30 \times 10^4$ cells/ml. Sediment suction and water change were done every 3 days. The experimental design was 3 x 3 factorial in CRD under experimental conditions in indoor wet laboratory for 4 months. The experimental groups were divided as shown in Table 1.

Table 1 Experimental groups fed with different amounts of artificial feed and different species of algae.

Experimental group	The amount of artificial feed (mg/l)	Species of algae
1	3	<i>Chaetoceros</i> sp.
2	3	<i>Tetraselmis</i> sp.
3	3	<i>Thalassiosira</i> sp.
4	4.5	<i>Chaetoceros</i> sp.
5	4.5	<i>Tetraselmis</i> sp.
6	4.5	<i>Thalassiosira</i> sp.
7	6	<i>Chaetoceros</i> sp.
8	6	<i>Tetraselmis</i> sp.
9	6	<i>Thalassiosira</i> sp.

3. Results and Discussion

3.1 Mortality rate of *Spondylus* sp. during acclimatization

Spondylus varians were caught by fisherman from the coast near Koh Sichang (Sichang Island) in Chonburi province. It took half an hour to transport them from the island to main land and half an hour to the hatchery without aeration (Figure 2).

After transportation, they were acclimatized for 10 days in the plastic tanks filled with 30-32 ppt of seawater with aeration all the time (Figure 3).

At the third day of acclimatization, *Spondylus varians* have died 25 % of total amount that were send to the hatchery. After that mortality rate was decreased to 1-2 %.



Figure 2 Transpotation of *Spondylus varians* from Koh Sichang to hatchery.

A) In rectangular tank. B) In round tank.



Figure 3 Acclimatization of *Spondylus varians* in plastic tanks.

3.2 Growth and survival rate of *Spondylus varians*

After acclimatization, healthy *Spondylus varians* were divided into 9 groups and fed with different amounts of artificial feed as 3, 4.5 and 6 mg/l and three different species of algae as *Chaetoceros* sp., *Tetraselmis* sp. and *Thalassiosira* sp. under experimental conditions in indoor wet laboratory for 4 months. *Spondylus varians* showed their growth rates as shown in Tables 2, 3 and 4.

Lengths and heights of *Spondylus varians* showed no enlarging in size. Lengths and heights of all *Spondylus varians* at the end of the experiment were similar to the initial lengths and heights. While their weights showed higher than the initial weights but had no statistical difference.

At the end of the trial, all experimental groups had a survival rate of 83.3-100 %, as shown in Table 5. They showed no statistical differences.

Table 2 The average length of *Spondylus varians* in each month.

Treatment	Initial length ^{1/} (cm) ± SD	Length (cm) at the end of each month			
		1	2	3	4
1	7.2 ± 0.71	7.2	7.2	7.2	7.2
2	7.7 ± 0.40	7.7	7.7	7.7	7.7
3	7.6 ± 1.14	7.6	7.6	7.6	7.6
4	7.0 ± 0.06	7.0	7.0	7.0	7.0
5	7.2 ± 0.80	7.2	7.2	7.2	7.2
6	7.0 ± 0.10	7.0	7.0	7.0	7.0
7	7.3 ± 0.30	7.3	7.3	7.3	7.3
8	7.8 ± 0.69	7.8	7.8	7.8	7.8
9	7.5 ± 0.59	7.5	7.5	7.5	7.5

^{1/} No statistical differences in initial lengths.

Table 3 The average height of *Spondylus varians* in each month.

Treatment	Initial height ^{1/} (cm) ± SD	Height (cm) at the end of each month			
		1	2	3	4
1	9.2 ± 1.59	9.2	9.2	9.2	9.2
2	9.8 ± 0.69	9.8	9.8	9.8	9.8
3	8.5 ± 1.68	8.5	8.5	8.5	8.5
4	9.1 ± 0.61	9.1	9.1	9.1	9.1
5	8.2 ± 1.00	8.2	8.2	8.2	8.2
6	9.4 ± 0.45	9.4	9.4	9.4	9.4
7	9.3 ± 0.65	9.3	9.3	9.3	9.3
8	9.8 ± 0.50	9.8	9.8	9.8	9.8
9	9.1 ± 1.11	9.1	9.1	9.1	9.1

^{1/} No statistical differences in initial heights.Table 4 The average weight of *Spondylus varians* in each month.

Treatment	Initial weight ^{1/} (g) ± SD	Weight (g) at the end of each month ^{2/}			
		1	2	3	4
1	205 ± 56.8	223.3	227.3	234.0	240.0
2	238 ± 27.6	258.3	260.7	260.5	267.7
3	241 ± 58.4	255.0	260.0	267.3	271.0
4	230 ± 18.0	235.0	240.3	250.7	259.5
5	171 ± 27.5	191.7	195.3	199.7	201.3
6	237 ± 23.1	236.7	241.3	245.0	251.0
7	220 ± 20.0	230.0	233.0	238.0	247.7
8	278 ± 66.6	280.0	285.7	292.3	302.3
9	261 ± 74.2	281.7	280.3	288.3	298.3

^{1/} No statistical differences in initial weights.^{2/} No statistical differences in final weights.Table 5 The survival rates of *Spondylus varians* in each month.

Treatment	Survival rate (%) at the end of each month ^{1/}			
	1	2	3	4
1	100.0	100.0	100.0	83.3
2	100.0	100.0	100.0	100.0
3	83.3	83.3	83.3	83.3
4	83.3	83.3	83.3	83.3
5	83.3	83.3	83.3	83.3
6	100.0	100.0	100.0	100.0
7	100.0	83.3	83.3	83.3
8	100.0	100.0	83.3	83.3
9	100.0	83.3	83.3	83.3

^{1/} No statistical differences.

4. Conclusion

Spondylus varians or rock scallop or spiny oyster or sometime called donkey thorny oyster were found in eastern of Thailand. Some species were found in the southern part of the Gulf of Thailand such as *Spondylus croceus* and *Spondylus imperialis* (Swennen *et al.*, 2001). Poutiers (1995) reported that rock scallop distributed along the rocky coastal area and from the littoral zone to the depth of 55 m.

There were very few studies on the biology of *Spondylus varians* and no commercial cultures were found. This was the first trial to raising *Spondylus varians* under indoor condition although *Spondylus varians* showed no increasing in lengths and heights but their weights appeared more weights gains every month. Soria *et al.* (2010) showed that larvae of *Spondylus calcifer* could be cultured in the laboratory. *Spondylus varians* fed with different amounts of artificial feed and different species of algae revealed no difference in growth rates and survival rates. From previous study, *Spondylus varians* fed with only artificial feed had low survival rate. Davenport *et al.* (2011) found that *Pinna nobilis* of different sizes consumed different food. In *Pinna bicolor*, Beer and Southgate (2006) found that this shell had a fast growth rate until 40 weeks of age after that growth rate started to decline because of the reproductive activity and repairing the damaged shells which caused by catching them from the nature (Saetung, 2018). Mature *Spondylus calcifer* had shell height about 86-113 mm. (Villalejo-Fuerte *et al.*, 2002) which nearly the same height as *Spondylus varians* in this experiment (66-103 mm). Growth rate also depended on shell size as *Pinna nobilis*, small shell grew faster, followed by a sharp decline to nearly constant level and a further decline with larger sizes down to almost zero (Katsanevakis, 2007).

Spondylus varians were easily raising by fed with artificial feed and small algae or rearing in the indoor tanks with aeration. In the future, they seemed to have the potential to develop into the economic species.

5. Acknowledgement

The author would like to offer particular thanks to Rajamangala University of Technology Tawan-ok for funding this research.

6. References

- Beer, A.C. and P.C. Southgate. 2006. **Spat collection, growth and meat yield of *Pinna bicolor* (Gmelin) in suspended culture in northern Australia.** Aquaculture 258: 424-429.
- Davenport, J., Ezgeta-Balić, D., Peharda, M., Skejić, S., Ninčević-Gladan, Z. and S. Matijević. 2011. **Size-differential feeding in *Pinna nobilis* L. (Mollusca: Bivalvia): Exploitation of detritus, phytoplankton and zooplankton.** Estuarine, Coastal and Shelf Science 92 (2): 246-254.
- Katsanevakis, S. 2007. **Growth and mortality rates of the fan mussel *Pinna nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece): a generalized additive modelling approach.** Marine Biology 152 (6): 1319-1331.

- Poutiers, J. M. 1995. **Bivalvos**. In: Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. and Niem, V. H. ed. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro oriental. Roma: Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1: 192–195.
- Saetung, C. 2018. **Commercial feed and algae for feeding *Pinna bicolor* in indoor tanks**. International Journal of Agricultural Technology 14(2): 241-247.
- Soria, G., Tordecillas-Guillen, J., Cudney-Bueno, R. and W. Shaw. 2010. **Spawning induction, fecundity estimation, and larval culture of *Spondylus calcifer* (Carpenter, 1857) (Bivalvia: Spondylidae)**. Journal of Shellfish Research 29(1): 143-149.
- Swennen, C., Moolenbeek, R. G., Ruttanadakul, N., Hobbelink, H., Dekker, H. and S. Hajisamae. 2001. **The molluscs of the Southern Gulf of Thailand**. Thai Studies in Biodiversity. No. 4: 1-210.
- Villalejo-Fuerte, M., Arellano-Martínez, M., Ceballos-Vázquez B. P. and F. García-Domínguez. 2002. **Reproductive cycle of *Spondylus calcifer* Carpenter, 1857 (Bivalvia: Spondylidae) in the “Bahia de Loreto” National Park, Gulf of California, Mexico**. Journal of Shellfish Research 21(1): 103-108.

(Received: 17/Jun/2020, Revised: 25/Nov/2020, Accepted: 2/Dec/2020)

**การใช้เทคโนโลยี QR-Code เพื่อการประชาสัมพันธ์วิสาหกิจชุมชน
กลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ ตำบลบ่อสวก อำเภอเมือง จังหวัดน่าน**
**Using QR-Code Technology for Public Relations of Community
Enterprises Antique Hand-Woven Cloth Group, Padee Pha Tho
Tambon Bo Suak, Mueang district, Nan province**

พัชรภรณ์ หงษ์สิบสอง และ ศิรินทรา ก้ออิสสระ

Patcharaporn Hongsisong and Sirintra Ko-issara

สาขาวิชาระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จังหวัดน่าน

Computer Information System, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Nan

E-mail: aompat@mutl.ac.th โทร. 08-9637-7610

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพและความหลากหลายของผ้าทอมือลายโบราณ 2) ออกแบบและประเมินเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 3) ศึกษาผลการใช้และความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด โดยพัฒนาระบบเป็นเว็บแอปพลิเคชัน ใช้ภาษา PHP เป็นหลักในการพัฒนา และ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล ผลการศึกษาค้นคว้าสภาพความหลากหลายของกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ พบว่าผลิตภัณฑ์ผ้าทอลายคำเคิบได้ผ่านการคัดสรรให้เป็นผลิตภัณฑ์ OTOP 5 ดาวในระดับภาค และปัจจุบันผ้าทอมือลายโบราณที่สามารถสร้างชื่อเสียงเป็นที่รู้จัก ได้แก่ ผ้าลายคำเคิบ, ผ้าลายเชียงแสน, ผ้าลายน้ำไหล, ผ้าลายมาน, ผ้าลายปล้อง และผ้าลายตีนจก ผลการออกแบบและประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พบว่าการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.99 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ซึ่งแสดงว่าระบบมีคุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับดี และประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 50 คน พบว่าค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.36 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ซึ่งแสดงว่าผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดีมาก สามารถสรุปได้ว่าระบบมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอได้

คำสำคัญ : คิวอาร์โค้ด สมาร์ทโฟน ผ้าทอมือโบราณ วิสาหกิจชุมชน

Abstract

This research aims to 1) study the condition and variety of ancient hand-woven cloth, 2) design and evaluation of QR Code technology, and 3) study results of use and user satisfaction of QFR technology. Developing web application using PHP and MySQL for manage database was conducted. The results of study of the diversity of ancient hand-woven fabrics found that the textiles products of the group were selected as 5-star OTOP. Nowadays, traditional hand-woven cloths is known as silk cloth, Kha Kheib Woven, Chiang Saen Woven, Nam hil Woven, Man Woven, Pong Woven and Tinck Woven. System performance was evaluated by 5 experts and the satisfaction was evaluated by 50 general users. The results of the expert evaluation showed that the efficiency of the system was at a good level, with an average of 3.99, a standard deviation of 0.61, and the results of the evaluation of user satisfaction were good, with an average of 4.36 and standard deviation of 0.49. It could be concluded that this developed system was effective and could create public relations, publishing enterprise community and ancient hand-woven cloth.

Keywords : QR-Code, Smart Phone, Ancient hand-woven cloth, Community Enterprises

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีที่มีบทบาทในชีวิตประจำวัน และเป็นอุปกรณ์เสมือนปัจจัยที่ 5 ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ แบบสมาร์ตโฟน เนื่องจากเป็นสื่อกลางในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้อย่างทันทั่วถึง ได้รับข้อมูลในปริมาณที่มากแล้ว ทั้งนี้ยังมีเทคโนโลยีที่สามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือ เรียกว่าเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขาวดำ นิยมใช้เก็บข้อมูล เช่น ชื่อสินค้า ราคาสินค้า เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ และชื่อเว็บไซต์ ซึ่งถือเป็นการผสมผสานอย่างลงตัวของโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสมาร์ตโฟน และสื่อมัลติมีเดียได้อย่างลงตัว มีความสะดวกต่อการเรียนรู้ มีข้อมูลมากมายถูกรวบรวมไว้บนฐานข้อมูลออนไลน์ ซึ่งในอนาคตคิวอาร์โค้ด จะช่วยให้คนได้รับข้อมูลข่าวสารได้ง่ายเพิ่มมากขึ้น (Khambanlue, 2017) อีกช่องทางหนึ่งในการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและกว้างขวางในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในการติดต่อสื่อสาร เพื่อเป็นเครื่องมือและช่องทางการประชาสัมพันธ์ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ในทุกที่ทุกเวลา ได้อย่างไม่จำกัด ดังเช่น เว็บไซต์ (Web Site) คือสื่อนำเสนอข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเชื่อมโยงกันผ่านทางไฮเปอร์ลิงก์ต้องเปิดด้วยโปรแกรมเฉพาะทาง ที่เรียกว่า เว็บเบราว์เซอร์ โดยเว็บไซต์พื้นฐานสร้างขึ้นจากภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า เอกซ์เอ็มแอล (HTML) ต่อมาได้มีการพัฒนาและนำภาษาอื่น ๆ ร่วมด้วยเพื่อให้เว็บไซต์สามารถแสดงผลและมีการทำงานได้หลากหลายรูปแบบมากขึ้น เช่น ภาษาพีเอชพี (PHP), เอสคิวแอล (SQL), จาวา (Java) เป็นต้น เว็บแอปพลิเคชัน คือแอปพลิเคชันที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อเป็นเบราว์เซอร์สำหรับการใช้งานเว็บเพจต่าง ๆ ซึ่งถูกปรับแต่งให้แสดงผลแต่ส่วนที่จำเป็นเพื่อเป็นการลดทรัพยากรในการประมวลผลของสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตทำให้โหลดหน้าเว็บไซต์ได้เร็วขึ้น อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ต และอินเทอร์เน็ตในความรวดเร็วต่ำได้ Responsive Web คือเว็บไซต์ที่สามารถรองรับแสดงผลการทำงานบนหน้าจออุปกรณ์เครือข่าย เช่น Desktop Internet, Mobile Internet (iPad, iPhone, Android, Windows mobile อื่น ๆ) ได้ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีความละเอียดและความคมชัดแตกต่างกันไปตามขนาดความกว้างของหน้าจอจึงทำให้หน้าตาเว็บไซต์ที่ถูกออกแบบให้ดูผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์อย่างเดียวยังมีปัญหาการทำงานและเกิดการแสดงที่ผิดเพี้ยนเมื่อเปิดใช้งานผ่านอุปกรณ์ที่มีหน้าจอขนาดเล็กกว่า เช่น สมาร์ตโฟน, แท็บเล็ต, โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น (Thawornlimpapong and Luekong, 2019)

ดังนั้นผู้วิจัยร่วมกับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของเทคโนโลยีและความสำคัญที่จะสืบสานมรดกทางวัฒนธรรม ภูมิปัญญาชาวบ้านเรื่องลายผ้าทอซึ่งมีประวัติความเป็นมาที่น่าสนใจ ทรงคุณค่า และควรค่าแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่งจึงร่วมกันแลกเปลี่ยน เรียนรู้ และศึกษาข้อมูลประวัติความเป็นมา สรุปได้ว่าเดิมทีชาวบ้านชาวหลวงมีการทอผ้าเพื่อใช้เป็นเครื่องนุ่มห่มและใช้สอยในครัวเรือนมาแต่ดั้งเดิม เฉกเช่นเดียวกับชุมชนอื่น ๆ อีกหลายแห่งในจังหวัดน่าน โดยมีผ้าที่เป็นลายเอกลักษณ์คือผ้าลายน้ำไหล และผ้าลายเฉพาะถิ่นคือลายบ่อสวก มีการตั้งกลุ่มสตรีในหมู่บ้านโดยส่วนใหญ่เป็นสตรีที่มีองค์ความรู้ในด้านการทอผ้า ในปี พ.ศ. 2527 ผู้ใหญ่บ้านชาวหลวงได้เล็งเห็นความสำคัญของการรวมกลุ่มทอผ้าจะสามารถช่วยสร้างอาชีพ เสริมรายได้ให้แก่คนในชุมชน จึงแต่งตั้งนางบัวลอย อุทธิ เป็นประธานกลุ่มทอผ้า แต่กลุ่มฯ ก็ยังไม่เติบโตเท่าที่ควร ต่อมาในปี พ.ศ. 2540 จึงได้มีการเลือกนางพาดิ จันทรศักดิ์ เป็นประธานกลุ่มตามมติที่ประชุม เนื่องจากเห็นว่านางพาดิเป็นผู้มีความสามารถทั้งในด้านการผลิตและการตลาดเป็นอย่างดี หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มทอผ้าฯ เริ่มเป็นที่รู้จักกว้างขวางทำให้ยอดขายของกลุ่มฯ เพิ่มขึ้น และมีหน่วยงานสนับสนุนให้ความช่วยเหลืออย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2546 ผลิตภัณฑ์ผ้าทอลายคำเคิบของกลุ่มฯ ได้ผ่านการคัดสรรให้เป็นผลิตภัณฑ์ OTOP 5 ดาวในระดับภาค ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยอดขายของกลุ่มฯ เพิ่มสูงขึ้น และในปีถัดมาจากกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ ได้มีการยกระดับให้เป็นวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ ซึ่งผ้าทอมือลายโบราณที่สามารถสร้างชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักเป็นอย่างมาก ได้แก่ ผ้าลายคำเคิบ, ผ้าลายเชียงแสนผ้าลายน้ำไหล, ผ้าลายม่าน, ผ้าลายปล้อง และผ้าลายตีนจก ทีมผู้วิจัยและวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ เห็นพ้องต้องกันในการทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงข้อมูลอันทรงคุณค่าได้ตลอดเวลา

ผ่านโทรศัพท์มือถือ แบบสมาร์ทโฟนซึ่งเป็นเครื่องมือสื่อสารที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด ร่วมกับการบริหารจัดการเว็บแอปพลิเคชัน ในรูปแบบ Web Responsive ทำให้สามารถเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ภาพลักษณ์ ภูมิปัญญาชาวบ้านเรื่องลายผ้าทอมือที่แสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกอุปกรณ์

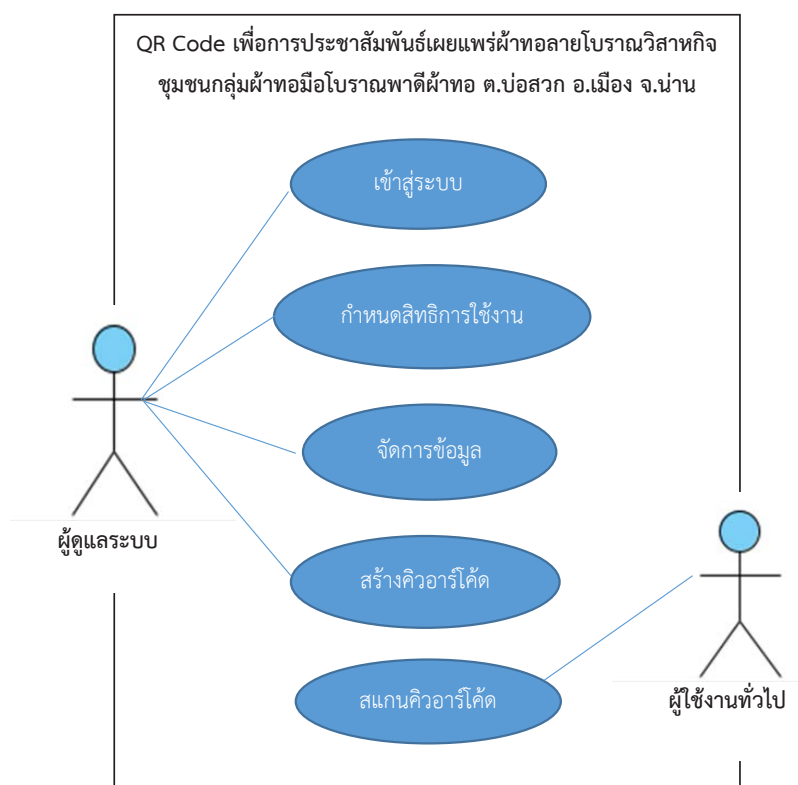
2. วิธีการศึกษา

2.1 การศึกษาสภาพและความหลากหลายของกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ

แหล่งข้อมูลได้แก่ประธานกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณคือนางพาดิ จันทรศักดิ์ ลักษณะของแบบสัมภาษณ์คือการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นคำถามแบบปลายเปิด มีเนื้อหาเกี่ยวกับผ้าทอมือลายโบราณต่าง ๆ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ การเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้ 1) มีการนัดหมายวันที่/เวลาของผู้ที่จะไปสัมภาษณ์ 2) แนะนำและบอกกล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการสัมภาษณ์ พร้อมบันทึกผลการสัมภาษณ์ 3) สรุปประเด็นสำคัญของข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ 4) นำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ พร้อมบอกสิ่งที่ต้องการพัฒนาให้ทราบ

2.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ใช้แผนภาพประกอบ ดังภาพที่ 1 โดยกำหนดสิทธิการใช้งานระบบเป็น 2 ส่วนคือ 1) ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดสิทธิการใช้งานระบบ สามารถจัดการข้อมูลลายผ้าทอมือโบราณและสร้างคิวอาร์โค้ดของข้อมูล 2) ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใช้สมาร์ทโฟนสแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อดูเรื่องราวผ้าทอมือลายโบราณต่าง ๆ ได้



ภาพที่ 1 แผนภาพการพัฒนาบบ QR Code

2.3 การพัฒนาระบบ

เลือกใช้การพัฒนาด้วยเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้สามารถบันทึกข้อมูลและแก้ไขข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ โดยเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบคือภาษา PHP เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนา และ โปรแกรม MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล MySQL ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลสิทธิการใช้งานระบบ จัดการข้อมูลลายผ้าทอมือโบราณ และการประมวล

ข้อมูลดังกล่าวเป็นสารสนเทศในรูปแบบสื่อมัลติมีเดียได้อย่างน่าสนใจ ซึ่งสามารถนำมาช่วยในการจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการสร้างคิวอาร์โค้ดได้ทำการสร้างผ่านระบบออนไลน์

2.4 การประเมินผล ศึกษาผลการใช้ และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

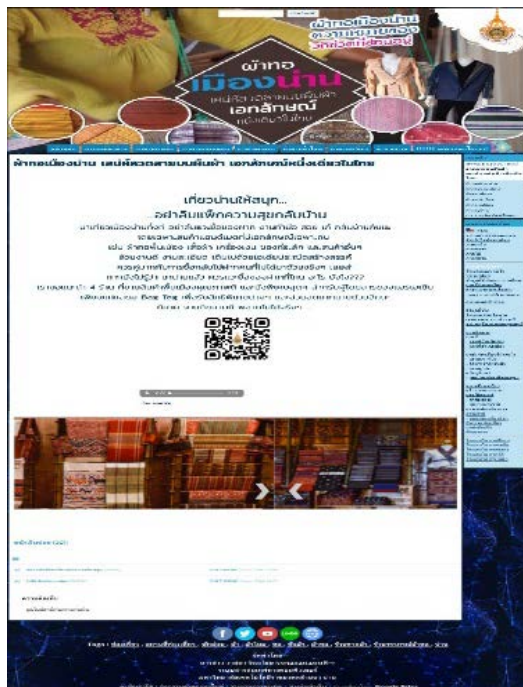
จากแหล่งข้อมูลได้แก่ ผู้ร่วมชมงานจากการแสดงสินค้าโอท็อป ที่ได้มาจากการสุ่มแบบบังเอิญ 1) กลุ่มตัวอย่างได้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด เพื่อแสดงผลข้อมูลผ้าทอมือลายโบราณจากผ้าทอชิ้นนั้น 2) ศึกษาผลการใช้โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการสแกนคิวอาร์โค้ด 3) ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อข้อมูลที่ได้รับหลังระบบแสดงผลข้อมูลเสร็จสิ้น นำผลจากการให้คะแนนมาทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความพึงพอใจโดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 3.50 และความพึงพอใจตามเกณฑ์ร้อยละ 80

การทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นที่จะนำมาใช้งานจริง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น เมื่อพบข้อผิดพลาดจะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ต่อไป หลังจากทดสอบระบบแล้วจึงนำระบบไปประเมินผลการใช้งานของระบบ โดยทดสอบประสิทธิภาพระบบกับผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป

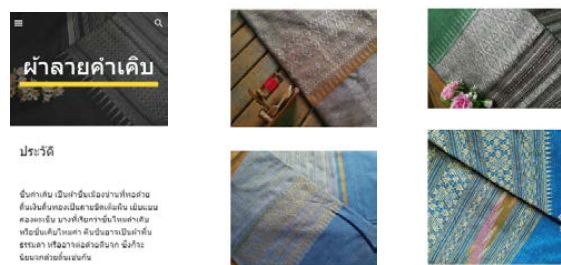
3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษา

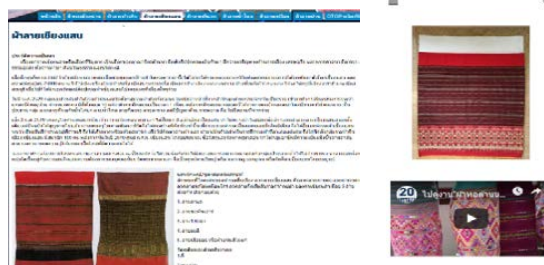
การพัฒนาเทคโนโลยี QR-Code เพื่อการประชาสัมพันธ์วิถีสาททิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณผ้าตีผ้าทอ ตำบลบ่อสวก อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบโดยนำเสนอในรูปแบบของ Web Responsive ซึ่งสามารถรับการแสดงผลตามขนาดหน้าต่างได้ทั้งเดสก์ท็อปและสมาร์ทโฟนประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้



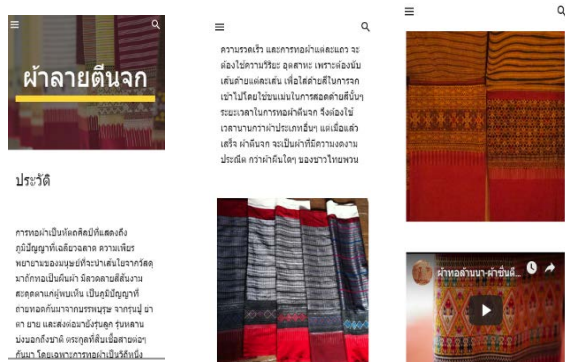
ภาพที่ 2 หน้าจอหลักของระบบ QR Code เพื่อการประชาสัมพันธ์วิถีสาททิจชุมชน



ภาพที่ 3 แสดงข้อมูลผ้าลายคำเคิบ



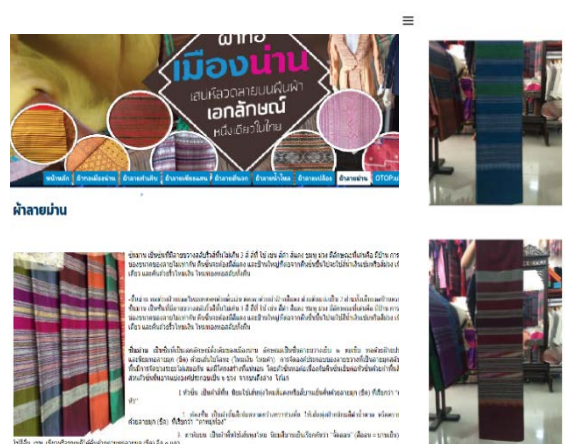
ภาพที่ 4 แสดงข้อมูลผ้าลายเชียงแสน



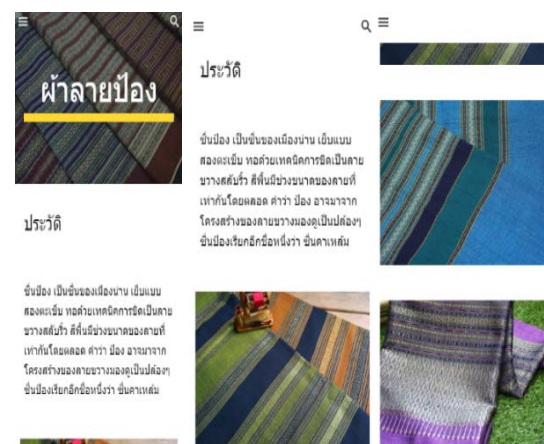
ภาพที่ 5 แสดงข้อมูลผ้าลายตีนจก



ภาพที่ 6 แสดงข้อมูลผ้าลายน้ำไหล



ภาพที่ 7 แสดงข้อมูลผ้าลายม่าน



ภาพที่ 8 แสดงข้อมูลผ้าลายปล้อง

3.2 อภิปรายผลการศึกษา

การใช้เทคโนโลยี QR-Code เพื่อการประชาสัมพันธ์วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ ตำบลบ่อสวก อำเภอมืองน่าน จังหวัดน่าน มีรายละเอียดการอภิปรายผล ดังต่อไปนี้

1) การศึกษาสภาพ และความหลากหลายของกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นคำถามแบบปลายเปิด มีเนื้อหาเกี่ยวกับผ้าทอมือลายโบราณต่าง ๆ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะจากประธานกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณคือนางพาดิจันทร์ศักดิ์ ซึ่งปัจจุบันผ้าทอมือลายโบราณที่สามารถสร้างชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับ เช่น ผ้าลายคำเคิบ, ผ้าลายเชียงแสน, ผ้าลายน้ำไหล, ผ้าลายม่าน, ผ้าลายปล้อง และผ้าลายตีนจก เป็นต้น แต่ละลายมีประวัติความเป็นมาที่น่าสนใจเพราะเป็น

ภูมิปัญญาชาวบ้านที่ทรงคุณค่าและควรค่าแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่ง กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีความต้องการพัฒนาเรื่อง การประชาสัมพันธ์ผ้าทอให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายจึงคิดว่าควิอาร์โค้ดเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจ สามารถอำนวยความสะดวกเรื่องข้อมูลข่าวสารได้ตลอดเวลา สอดคล้องกับ Chih Ming Chen (2010) ได้ทำวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการใช้บาร์โค้ดบนโทรศัพท์ในการรับทราบข้อมูลการท่องเที่ยว ณ สถานที่ท่องเที่ยว นั้น โดยทำการศึกษาและวิธีการของควิอาร์โค้ด และการประยุกต์ใช้ โดยนำควิอาร์โค้ดไปติดไว้ตามสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ หากนักท่องเที่ยวต้องการที่จะทราบข้อมูลเพิ่มเติมก็สามารถที่จะดึงข้อมูลจากควิอาร์โค้ดนั้นได้ทันที

2) ผลการออกแบบและประเมินเทคโนโลยีควิอาร์โค้ด เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชน กลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ มีผลการประเมินด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่า ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบมีคุณภาพการทำงานอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.06 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 มีเกณฑ์ให้คะแนนแบบ 5 คะแนน (คะแนนเท่ากับ 1 คือต้องปรับปรุง - คะแนนเท่ากับ 5 คือดีมาก)

ตารางที่ 1 ผลการประเมินด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.06	0.55	ดี
2. ด้านความปลอดภัยของระบบ	4.05	0.52	ดี
3. ด้านความเร็วในการทำงานของระบบ	3.88	0.77	ดี
สรุปผลการประเมิน	3.99	0.61	ดี

ผลการประเมินคุณภาพระบบ ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ จำนวน 5 คน พบว่าระบบมีคุณภาพการทำงานอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.99 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีควิอาร์โค้ด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.50	0.61	ดีมาก
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.61	0.67	ดีมาก
3. ด้านความปลอดภัยของระบบ	4.00	0.05	ดี
4. ด้านความสามารถระบบตรงตามความต้องการ	4.05	0.55	ดี
5. ด้านความสวยงาม และการสื่อความหมายได้ถูกต้อง เหมาะสม	4.67	0.47	ดีมาก
6. ด้านความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ	4.33	0.61	ดีมาก
สรุปผลการประเมิน	4.36	0.49	ดีมาก

3) การศึกษาผลการใช้และความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีควิอาร์โค้ด ได้แก่ เจ้าของข้อมูล คุณพาดิ จันทร์ศักดิ์ และผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 50 คน การประเมินผลความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.36 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 โดยระดับความพึงพอใจที่มากที่สุด ได้แก่ ด้านความสวยงาม และการสื่อความหมายได้ถูกต้อง เหมาะสม กระทั่งจากการที่ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีควิอาร์โค้ด เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ข้อมูลชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ มาใช้ในการประชาสัมพันธ์สินค้า เป็นการอำนวยความสะดวก ช่วยในการให้ข้อมูล

ความรู้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ เพื่อให้ผู้ใช้ที่มีจำนวนมาก สามารถรับรู้ถึงข้อมูลได้อย่างทั่วถึงด้วยตนเองตามความต้องการของแต่ละบุคคล และนำเสนอผลงานให้เป็นที่น่าสนใจและกระตุ้นให้เห็นถึงความสำคัญของสินค้า ซึ่งนำเสนอเพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานได้ทุกเพศทุกวัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khambanlue (2017) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด เพื่อส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับศูนย์รวบรวมสายพันธุ์กล้วย เจริมพระเกียรติ จังหวัดกำแพงเพชร ผลคือมีความพึงพอใจในด้านการออกแบบอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด และด้านการนำเสนออยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด และโดยรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 จากการที่ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดมาใช้ เป็นการอำนวยความสะดวกโดยผู้ใช้งานได้แสดงความคิดเห็นว่าป้ายแสดงคิวอาร์โค้ด มีความสวยงามและสื่อความหมายได้ข้อมูลถูกต้อง เหมาะสม กระชับ เป็นงานวิจัยที่สามารถใช้ประโยชน์ได้จริง เพราะสามารถประชาสัมพันธ์ สร้างชื่อเสียงและทำให้ประชาชนเข้าถึงข้อมูลผ้าทอมือลายโบราณได้มากขึ้น ซึ่งเป็นการนำเสนอที่เหมาะสมแก่การใช้งานได้ทุกเพศทุกวัย ตามที่ Pikulkaew (2010) ได้ทำการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดในพิพิธภัณฑ์เครื่องถ้วย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ณ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ โดยระบบนี้จะอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้งานสามารถทราบรายละเอียดของผลงานที่จัดแสดงและนำเสนอในรูปแบบมัลติมีเดีย ให้มีความน่าสนใจเพื่อให้ผู้ใช้ที่มีจำนวนมากสามารถรับรู้ถึงข้อมูลได้อย่างทั่วถึงด้วยตนเอง ตามความต้องการของแต่ละบุคคล และนำเสนอผลงานให้เป็นที่น่าสนใจ และกระตุ้นให้มีการเข้าชมพิพิธภัณฑ์มากขึ้น เช่นเดียวกับ Tai-Wei, Chin-Hung and Mike (2011) ได้ทำการศึกษาเรื่อง QR Code Based Augmented Reality Applications : Handbook of Augmented Reality 2011 เป็นการศึกษาการใช้คิวอาร์โค้ดร่วมกับ AR (Augmented Reality) โดยในโครงการนี้จะใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคิวอาร์โค้ดไว้ที่กล่องของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ หลังจากนั้นวัตถุสามมิติจะปรากฏขึ้นบนคิวอาร์โค้ด ซึ่งจากการใช้ระบบนี้จะทำให้ลูกค้าสามารถเห็นลักษณะของสินค้าได้โดยทันที ซึ่งจากการศึกษาเรื่องนี้เป่าหมายเพื่อนำมาใช้ให้เกิดความสะดวกสบายมากขึ้นต่อไปในอนาคต

4. สรุปผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาสภาพ และความหลากหลายของผ้าทอมือลายโบราณ 2) เพื่อออกแบบและประเมินเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 3) เพื่อศึกษาผลการใช้และความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบใช้ภาษา PHP เป็นหลักในการพัฒนา และ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล

ผลการพัฒนาระบบแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือสำหรับผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูล ผู้ใช้บริการสามารถสแกนคิวอาร์โค้ดผ่านสมาร์ทโฟนได้ ผลการศึกษาสภาพ และความหลากหลายของกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอ พบว่าผลิตภัณฑ์ผ้าทอลายคำเคิบ ได้ผ่านการคัดสรรให้เป็นผลิตภัณฑ์ OTOP 5 ดาวในระดับภาคและปัจจุบันผ้าทอมือลายโบราณที่สามารถสร้างชื่อเสียงเป็นที่รู้จัก ได้แก่ ผ้าลายคำเคิบ, ผ้าลายเชียงแสน, ผ้าลายน้ำไหล, ผ้าลายม่าน, ผ้าลายปล้อง และผ้าลายตีนจก ซึ่งแต่ละลายมีประวัติความเป็นมาที่น่าสนใจเพราะเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ทรงคุณค่าและควรค่าแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่ง ผลการออกแบบและประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พบว่าการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.99 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ซึ่งแสดงว่าระบบมีคุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับดี และประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 50 คน พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.36 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ซึ่งแสดงว่าผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดีมาก สามารถสรุปได้ว่าระบบมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดิผ้าทอได้

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการความร่วมมือในการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการการเรียนรู้ในสถานศึกษากับการนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปพัฒนาและยกระดับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือ 6 จังหวัด

6. เอกสารอ้างอิง

- Chih Ming Chen. 2010. **Research and Development of application of mobile barcode to mobile sightseeing guide on mobile phone**. Wseas transactions on information science and application. 7 (1) : 16-25.
- Hongboonmee, N. and Prajan, S. 2017. **Smartphone product inspection system using QR code technology**. The Thirteenth National Conference on Computing and Information Technology. 13 : 241-246. (in Thai)
- Khambanlue, K. 2017. **Application of QR code technology To promote learning activities for the center Collection of banana species in honor**. Master Thesis. Department of Education, Naresuan University, Phitsanulok. (in thai)
- Pikulkaew, K. 2010. **Application of QR code technology in the wares museum Southeast Asia at Bangkok University**. Academic Journal. 30 (2) : 110-114. (in Thai)
- Tai-Wei, Chin-Hung and Mike. 2011. **QR Code Based Augmented Reality Applications : Handbook of Augmented Reality 2011**. New York : The Free.
- Thawornlimpapong, S. and Luekong, P. 2019. **Development of Local Wisdom image of Traditional Thai desserts called “Rose Allure” using the Web Application Responsive Management System**. Journal of Innovative Technology Research. 3 (2) : 68-74. (in Thai)

(Received: 1/Jun/2020, Revised: 13/Dec/2020, Accepted: 20/Dec/2020)

เครื่องนับจำนวน โบลว์ เคาท์ ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

Microcontroller Measuring Blow Count and Depth of Piles

ชัยยศ คำมี

Chaiyos Commee

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Loei Rajabhat University

E-mail: chaiyos3249@gmail.com โทร. 081-8730649

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องนับจำนวนโบลว์ เคาท์ ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยดำเนินการสร้างและประเมินค่าเพื่อหาความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบลว์ เคาท์ ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการก่อสร้างอาคารและการตอกเสาเข็มจำนวน 20 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ เครื่องนับจำนวนโบลว์ เคาท์ ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบการใช้งานจริง และแบบสอบถามความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบลว์ เคาท์ วิธีดำเนินการวิจัยหลังจากที่ผู้วิจัยสร้างเครื่องนับจำนวนโบลว์ เคาท์ เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยเชิญผู้เชี่ยวชาญมาประเมินความเหมาะสมของเครื่องนับจำนวนโบลว์ เคาท์ โดยการสาธิตการทำงานเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม และเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการวิจัย พบว่าเครื่องมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงในระดับมาก ($\bar{x} = 4.42$) สำหรับการทดลองการนำเครื่องนับจำนวนโบลว์ เคาท์ ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ไปทดลองใช้กับการตอกเสาเข็มจริง จำนวน 60 ต้น โดยการตรวจสอบกับการนับโดยช่างเทคนิคที่มีความเชี่ยวชาญในการตอกเสาเข็ม พบว่า การทดลองมีความถูกต้อง 100% ส่วนข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญได้เสนอข้อคิดเห็นที่น่าสนใจคือ เป็นการพัฒนาทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ที่ดี ควรมีการพัฒนาเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ : โบลว์เคาท์ 10 ฟุตสุดท้าย ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This study aimed to construct and measure the performance of the microcontroller measuring the blow count and depth of piles. The microcontroller measuring the blow count and depth of piles was constructed and then assessed the suitability. The participants of this study were 20 experts in building construction and pile driving. The instruments used in this study were the Microcontroller which measures the blow count and depth of piles, and the suitability questionnaire. The microcontroller measuring the blow count and depth of piles was determined the performance by comparing with people counting. To assess the suitability of this counting machine, after it was constructed; it was observed by the participants for 3 hours of demonstration and then they evaluated its performance suitability. The data were analyzed using statistical method to obtain the mean scores and standard deviation of the suitability. The results revealed that the microcontroller measuring the blow count and depth of piles had high suitability ($\bar{x} = 4.42$). The completely constructed microcontroller measuring the blow count and depth of piles was finally tested with 60 piles, compared with examining and counting by the experts in pile driving. It showed a 100% accuracy of its performance. Moreover, the experts also gave the interesting suggestions. Firstly, it was

the outstanding development of engineering skill. Secondly, it should be further developed to be the model for commerce.

Keywords : Blow count, Last Ten Blow, Microcontroller

1. บทนำ

จากเหตุการณ์ความเสียหายเนื่องจากอาคารที่พักอาศัยหรือตึกสิ่งปลูกสร้างถล่มในประเทศไทย ได้สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก สอดคล้องงานวิจัยเรื่อง “อันตรายและมาตรการความปลอดภัยในงานเสาเข็มเจาะ” (Hazards & Safety In Bored Piling Works) (Surakun *et al.*, 2014) โดยศึกษาเกี่ยวกับอันตรายจากเสาเข็มจากการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ เพื่อให้องค์กรเกี่ยวกับการก่อสร้างมาหามาตรการความปลอดภัยมาใช้ เช่นเดียวกับ งานวิจัยเรื่อง “ความปลอดภัยในงานตอกเสาเข็มแบบตัมกระแทก” (Bunluea and Phanchomphu, 2009) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเกี่ยวกับความปลอดภัยในการตอกเสาเข็มโดยใช้เครื่องตอกเสาเข็มแบบตัมกระแทก การวางแผนงานความปลอดภัยในงานตอกเสาเข็มมีความสำคัญคือจะช่วยลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุซึ่งจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือสูญเสียชีวิตได้ ทั้งนี้ จากการตรวจสอบพบว่า สาเหตุของการที่ตึกถล่มมีสาเหตุหลายประการ โดยสาเหตุสำคัญประการหนึ่ง คือ การวางรากฐานหรือการตอกเสาเข็มของอาคารใหม่ไม่ได้มาตรฐานนั่นเอง ซึ่งมีบุคคลพยายามแก้ปัญหาดังกล่าวโดยได้ศึกษาและออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบฐานรากเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง (Computer Program for Pile Footing Reinforced Concrete Design (Strength Design Method: SDM)) (Thiranaew and Kulmeng, 2010) เพื่อช่วยให้การคำนวณการออกแบบฐานรากเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กและรวมไปถึงการออกแบบเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงให้มีความรวดเร็วและถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งโครงการนี้สำหรับการออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กจะยึดหลักตามมาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38 พ.ศ. 2538 และสำหรับการออกแบบเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงจะยึดหลักตาม มาตรฐาน มอก. 396-2524 เป็นหลัก เป็นต้น สาเหตุของการตอกเสาเข็มที่ไม่ได้มาตรฐานเกิดจาก 2 ปัจจัยหลักคือ 1) คุณภาพของตัวเสาเข็มเอง สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องปัญหาในงานเสาเข็มเจาะที่เกิดจากคุณภาพคอนกรีต (Thasnanipan *et al.*, 2014) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นที่คอนกรีตจากกระบวนการผลิตเสาเข็มเจาะซึ่งระบุคุณสมบัติสำคัญของคอนกรีตที่จะใช้สำหรับผลิตเสาเข็ม และเช่นเดียวกับงานวิจัยเรื่องการควบคุมคุณภาพเสาเข็มระบบเจาะแห้งโดยเครื่องเจาะแบบสามขา (Sriwanwit *et al.*, 2001) สำหรับสาเหตุที่ 2) คือกระบวนการในการตอกเสาเข็มเป็นปัญหาที่เกิดจากกระบวนการในการตอกเสาเข็มซึ่งเป็นเสมือนหัวใจในการตอกเสาเข็มเกิดจากหลายสาเหตุดังนี้คือ (1) เสาเข็มเอียง (2) เสาเข็มหนีศูนย์ (3) เสาเข็มไม่ได้ทิป (Tip) มีสาเหตุมาจากไม่มีข้อมูลการสำรวจโครงสร้างดิน (structure subsurface investigation) เช่นเดียวกับงานวิจัยเรื่องการควบคุมการตอกเสาเข็มตามหลักสมดุลพลังงาน (Kwankeng *et al.*, 2008) เพื่อควบคุมงานตอกเสาเข็มให้มีคุณภาพ และสาเหตุที่สำคัญที่สุดของปัญหาในกระบวนการตอกเสาเข็ม คือเสาเข็มไม่ได้โบล์วเคาท์ (blow count) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ย่างยากที่สุดในการตอกเสาเข็มเพราะต้องเกี่ยวข้องกับทั้ง (1) ลักษณะของดินบริเวณในการตอกเสาเข็ม (2) ส่วนของเครื่องมือสำหรับการนับจำนวนโบล์วเคาท์ ของการตอกเสาเข็ม และ (3) ผู้ควบคุมในการตอกเสาเข็ม โดยที่พื้นที่ที่ชั้นดินมีลักษณะเปลี่ยนแปลงมากมีสาเหตุมาจาก เกณฑ์กำหนด (criteria) ที่ต่างกันส่วนใหญ่ที่มาจากไดนามิค ฟอรัลูลา (dynamic formula) และ ความผิดปกติของชั้นดินที่ไม่มีการเจาะนำ (soil boring) ในส่วนของการควบคุมกระบวนการตอกเสาเข็มที่เกิดจากผู้ควบคุมงานตอกเสาเข็มไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากความยากลำบากในการตอกเสาเข็มคือสิ่งรบกวนต่าง ๆ เช่น การตั้งศูนย์ของเสาเข็ม, คิว้นที่เกิขึ้นจากการตอกเสาเข็ม, เสียงดังจากการตอกเสาเข็ม, ความร้อนของอากาศขณะตอกเสาเข็มและความสั่นสะเทือนของดินขณะตอกเสาเข็ม และสุดท้ายคือการขาดแคลนเครื่องมือในการตรวจสอบจำนวนของการนับจำนวนการตอกเสาเข็ม 10 พุดสุดท้ายที่เรียกว่า ลาส เทนโบล์ว (last ten blow) ที่ได้มาตรฐาน โดยที่สาเหตุต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลให้การควบคุมการนับจำนวนครั้งของการตอกเสาเข็มหรือโบล์ว เคาท์ มีความคลาดเคลื่อนเป็นอย่างมากส่งผลให้นับจำนวนโบล์ว เคาท์ ไม่ตรงตามที่ต้องการส่งผลให้การทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มทั้งการทดสอบ

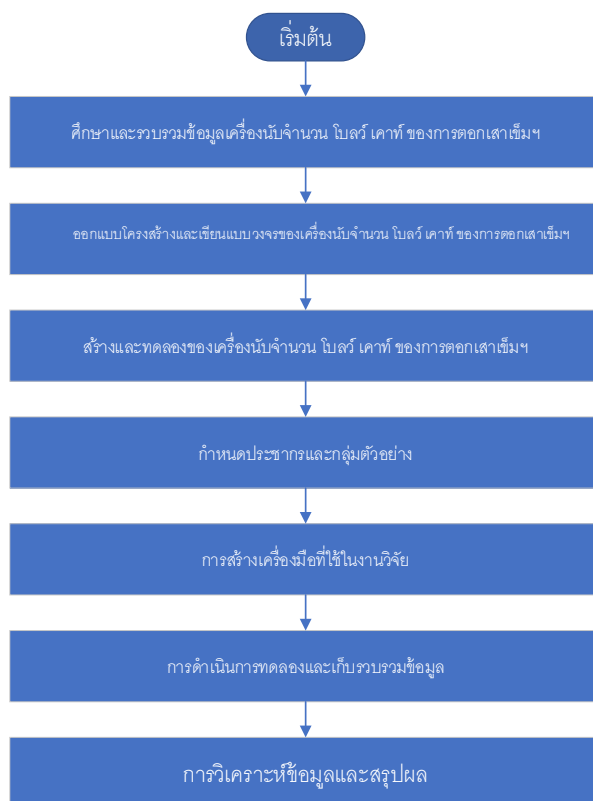
แบบสถิติก (static pile load test) และการทดสอบแบบไดนามิก (dynamic load test) ไม่ผ่านและส่งผลเสียต่อฐานรากของอาคารทำให้ไม่แข็งแรงจึงต้องแก้ปัญหาหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นการแก้ไขโดยการตอกเข็มแซมใหม่ทำให้เสียทั้งค่าใช้จ่ายและเวลาซึ่งหากผลของการตรวจสอบการรับน้ำหนักไม่มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพมากพอจะส่งผลต่อการรับน้ำหนักของอาคารในอนาคตซึ่งอาจทำให้เป็นสาเหตุหลักในการพังถล่มของตึกในที่สุด ในส่วนของเครื่องมือที่ใช้สำหรับตรวจสอบจำนวนครั้งของการตอกเสาเข็ม 10 ฟุตสุดท้าย หรือลาสต์ เทน โบล์ว (last ten blow) และเครื่องนับจำนวนโบล์ว เคาท์ของการตอกเสาเข็มยังไม่มีผู้ผลิตในเชิงพาณิชย์รายใดผลิตขึ้นมาใช้หรือผลิตเพื่อจำหน่ายทำให้ปัจจุบันนี้ยังไม่มีเครื่องมือที่มาตรฐานในการใช้งาน

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมา แนวทางที่ผู้วิจัยนำมาใช้เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดกับชีวิตและทรัพย์สินในการตอกเสาเข็มที่ไม่ได้โบล์ว เคาท์ คือ การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องนับจำนวนโบล์ว เคาท์ ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเครื่องมือที่สร้างขึ้นนี้เป็น “นวัตกรรมใหม่” เนื่องจากยังไม่มีผู้ใดผลิตขึ้นมาใช้งานและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์มาก่อน นอกจากใช้ในการนับจำนวนของการตอกเสาเข็มในงานจริงได้แล้วยังสามารถทำเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับผู้เรียนหรือบุคคลที่สนใจในการพัฒนาในการสร้างเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ในอนาคตต่อไป พร้อมทั้งสามารถนำมาเป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชา โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (วศ.บ) โดยที่เครื่องนับจำนวนการตอกเสาเข็มที่สร้างขึ้นนอกจากจะสามารถนำมาใช้งานได้จริงทดแทนการทำงานของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังจะเป็นเครื่องต้นแบบของการพัฒนาเพื่อใช้งานในเชิงพาณิชย์อย่างเต็มประสิทธิภาพต่อไป

2. วิธีการศึกษาวิจัย

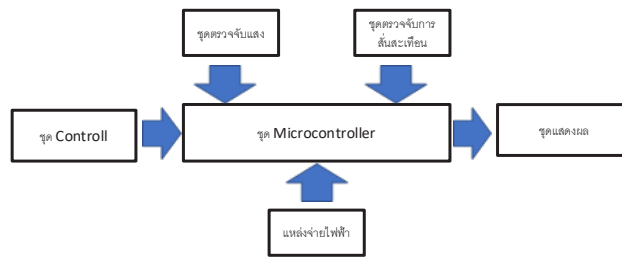
2.1 การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยมีวิธีการและลำดับขั้นตอนดังนี้

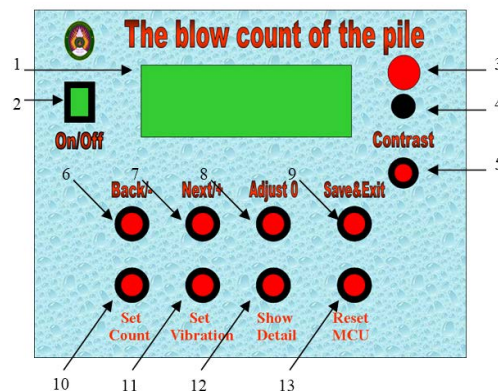


ภาพที่ 1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

2.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องนับจำนวน โบลว์ เคาท์ ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องนับ โบลว์ เคาท์ ฯ



ภาพที่ 3 แผงหน้าปัทม์ควบคุมของเครื่องนับ โบลว์ เคาท์ ฯ

เครื่องนับจำนวน โบลว์ เคาท์ ของการตอกเสาเข็มควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีอุปกรณ์ทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

1. จอแสดงผล LED
2. สวิตช์ ปิด/เปิด
3. ไฟ LCD
4. Buzzer
5. ปุ่มปรับความคมชัดของจอแสดงผล
6. ปุ่ม Back / - สำหรับ ลดค่าต่างๆ
7. ปุ่ม Next / + สำหรับ เพิ่มค่าต่างๆ
8. ปุ่ม Adjust 0 สำหรับ รีเซ็ตค่าให้เป็น 0
9. ปุ่ม Save / Exit สำหรับ บันทึกค่าที่ตั้งไว้ และออกจากการตั้งค่า
10. ปุ่ม Set Count สำหรับตั้งค่า จำนวนนับในการตอกเสาเข็ม
11. ปุ่ม Set Vibration สำหรับตั้งค่า การตอบสนองของเซนเซอร์
12. ปุ่ม Show Detail สำหรับแสดงจำนวนครั้งของการตอกเสาเข็มในแต่ละฟุต
13. ปุ่ม Reset MCU สำหรับ Reset เครื่อง



ภาพที่ 4 เครื่องนับ โบล์ว เคาท์ ฯ เสร็จสมบูรณ์

2.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

2.3.1 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแสดง Flowchart การทำงานโปรแกรมของเครื่องนับ โบล์ว เคาท์ ฯ



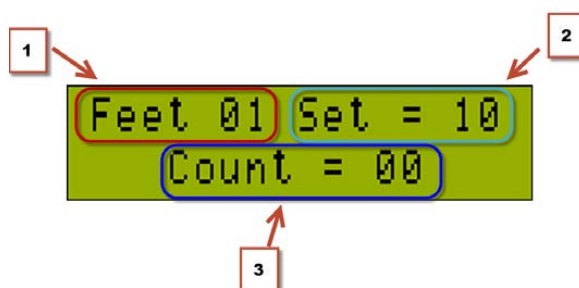
ภาพที่ 5 Flowchart การทำงานโปรแกรมของเครื่องนับ โบล์ว เคาท์ ฯ

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องฯ โดยที่ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องฯ แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพการทำงานตามรายการในตารางการทดสอบก่อนจากนั้นจึงนำไปทดลองการทำงานกับการตอกเสาเข็มจริง จำนวน 60 ต้น และเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการประเมินความเหมาะสมทางกายภาพของเครื่อง จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล และอธิบายผลต่อไปโดยมีทดลองการทำงานของเครื่องฯ ดังต่อไปนี้คือ



ภาพที่ 6 แสดงการทดลองการใช้เครื่องนับ โบลว์ เคาท์ ๆ กับการตอกเสาเข็มจริง



ภาพที่ 7 แสดงส่วนแสดงผลของเครื่องนับ โบลว์ เคาท์ ๆ

1. แสดงค่า จำนวนฟุตที่กำลังตอกเสาเข็ม
2. แสดงค่า จำนวนการตั้งค่าของการตอกเสาเข็ม
3. แสดงค่า จำนวนครั้งของการตอกเสาเข็มในฟุตนั้น

ตารางที่ 1 ตัวอย่างตารางการทดลองการตอกเสาเข็มจริงต้นที่1-5 (จาก 60 ต้น)

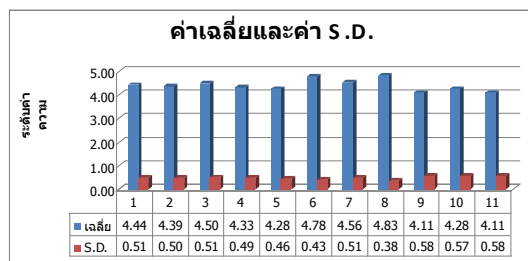
ต้นที่				1		2		3		4		5	
				คน (นับ)	เครื่อง (นับ)	คน (นับ)	เครื่อง (นับ)	คน (นับ)	เครื่อง (นับ)	คน (นับ)	เครื่อง (นับ)	คน (นับ)	เครื่อง (นับ)
จำนวนครั้งที่ตอกนับต่อ 30 ซม.	ฟุตที่ 1	ความยาวเสาเข็มเหนือพื้นดิน, ม.	2.7 - 3.0	28	28	29	29	39	39	38	38	35	35
	ฟุตที่ 2		2.4 - 2.7	35	35	32	32	48	48	48	48	39	39
	ฟุตที่ 3		2.1 - 2.4	41	41	39	39	57	57	59	59	42	42
	ฟุตที่ 4		1.8 - 2.1	47	47	48	48	66	66	70	70	46	46
	ฟุตที่ 5		1.5 - 1.8	52	52	59	59					50	50
	ฟุตที่ 6		1.2 - 1.5	63	62	67	67					59	59
	ฟุตที่ 7		0.9 - 1.2									66	66
	ฟุตที่ 8		0.6 - 0.9										
	ฟุตที่ 9		0.3 - 0.6										
	ฟุตที่ 10		0.0 - 0.3										
ผลการทดลอง				✓		✓		✓		✓		✓	

สรุป: ตัวอย่างการทดลองทดลองนำเครื่องไปทดลองใช้จริงต้นที่ 1-5 ในงานตอกเสาเข็มจำนวนทั้งหมด 60 ต้น โดยการเทียบกับการนับจากคนนับ ผลการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คิดเป็น 100 %

3.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องฯ

หลังจากที่ทดสอบประสิทธิภาพทางเทคนิคแล้วได้นำเครื่องฯ ไปสาธิตการใช้งานเพื่อประเมินความเหมาะสมทั้งหมด 20 คน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ แบบประเมินความเหมาะสมของเครื่องฯ



ภาพที่ 8 ความเหมาะสมของเครื่องนับ โบลว์ เคาทซ์ ฯ

1. การออกแบบเครื่องนับจำนวนฯ
2. วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีอยู่ทั่วไปหาได้ง่าย
3. ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ
4. ความแข็งแรง ทนทาน ของชิ้นส่วนอุปกรณ์
5. ความสะดวกในการควบคุมการทำงานของเครื่อง
6. ความปลอดภัยในการใช้งาน
7. การแจ้งเตือนเมื่อครบจำนวนมีความเหมาะสม
8. ความสะดวกในการติดตั้งและการใช้งาน
9. ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษา
10. ความเหมาะสมในการเป็นต้นแบบเพื่อพัฒนาต่อยอด
11. ความสมบูรณ์ของเครื่องฯ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์แบบประเมินข้อเสนอแนะอื่นๆ ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องฯ มีดังนี้

เป็นการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่ดี ควรมีการพัฒนาเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพาณิชย์ต่อไป

4. สรุปผลการทดลอง

สำหรับการทดลองการนำเครื่องฯ ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วไปทดลองกับการตอกเสาเข็มจริงโดยตั้งตัวตรวจนับในระยะที่ทำงานในระยะที่ถูกตอก 100% จำนวน 60 ต้น โดยการตรวจสอบกับการนับโดยช่างเทคนิคที่มีความเชี่ยวชาญในการตอกเสาเข็ม พบว่าการทดลองมีความถูกต้อง 100% และมีการแจ้งเตือนด้วยเสียงและสัญญาณไซเรนเตือนเมื่อการตอกครบจำนวนที่ตั้งไว้ได้ถูกต้องแม่นยำและในการทดลองทุกครั้งสามารถมอนิเตอร์การทำงานของโปรแกรมได้ตลอดเวลา พร้อมทั้งสามารถเปลี่ยนแปลงจำนวนการตั้งค่าของจำนวนครั้งของการเตือนได้ตลอดเวลาของการทำงาน โดยขึ้นอยู่กับสูตรของจำนวนครั้งของการตอกเสาเข็ม จากการทดลองใช้เครื่องฯ การทำงานปรากฏว่าสามารถทำตามเกณฑ์เป้าหมายที่ตั้งไว้ได้จริง ในส่วนของการประเมินความเหมาะสมของเครื่องฯ นี้ ระดับค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของเครื่องฯ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.78 และต่ำสุด 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดคืออยู่ระหว่างมากถึงมากที่สุด สรุปความเหมาะสมของเครื่องฯ โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้อยู่ในเกณฑ์มาก ซึ่งหมายความว่าเครื่องฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงในการนับการตอกเสาเข็มมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการเพิ่มเติมในส่วนของสูตรการคำนวณ เกี่ยวกับการตอกเสาเข็ม ในการพัฒนาครั้งต่อไป
2. ควรจะมีการเพิ่มฟังก์ชันของการนับการตอกเสาเข็มเพื่อให้ใช้งานทดแทนบุคลากรในการทำงานต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จด้วยดีได้ต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และผู้เกี่ยวข้องในทุกกระบวนการวิจัยทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

- Bunluea, N. and S. Phanchomphu. 2009. **Study of Safety in Pile Driving by Dropped Hammer**. Engineering Project Education according to the Bachelor of Engineering Degree Program Department of Civil Engineering Faculty of Engineering. Burapha University, Chon Buri. (in Thai)
- Kwankeng, W., K. Chantawarangkul and S. Sornlump. 2008. **Pile driving control by the principle of energy balance**. The 13th National Civil Engineering Conference Kasetsart University, 14-16 May 2008: 67-72. (in Thai)
- Sriwanwit, P., N. Chuwong and C. Hiran. 2001. **Quality control of dry process bored piles excavated by tripod rig**. The 7th National Civil Engineering Conference, Chulalongkorn University, 17-18 May 2001.:218-226 (in Thai)
- Surakun, S., S. Prawetwararat and T. Nopphan. 2014. **Hazards & safety in bored piling works**. Experience in bored pile construction and underground structures in Thailand. 19 December 2014. :17-24. (in Thai)
- Thasnanipan, N., S. Wisuthiphitakul and S. Prawetwararat. 2014. **Problems in bored piling works caused by improper concrete mixed**. Experience in bored pile construction and underground structures in Thailand, 19 December 2001: 37-44. (in Thai)
- Thiranaew, P. and Kulmeng, S. 2010. **Computer program for pile footing reinforced concrete design (Strength Design Method: SDM)**. Project of Engineering in Major Field: Structural Engineering, Academic Year: 2010. (in Thai)

(Received: 30/May/2019, Revised: 8/Dec/2020, Accepted: 15/Dec/2020)

การศึกษากายวิภาคศาสตร์และเส้นใยเชื่อมโยงในสมองใหญ่ของสุกร

โดยการชำแหละ และการตัด sections สมอง

Anatomical and Fibers Connection Studies of Cerebrum in Domestic Pig by Blunt Dissection and Brain Slice Sections

บรรณารักษ์ แก้วจรรยา* และ ยุวดี คงภิรมย์ขึ้น

Bunnaruk Kaewcharoon* and Yuwadee Kongpiromchuen

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

Faculty of Veterinary Medicine, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

*e-mail : bunnaruk.kaew@gmail.com โทร. 081-4466892

บทคัดย่อ

นำสมองสุกรจากโรงฆ่าสัตว์มาดองในน้ำยา formalin 10% และนำมาศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างของสมองใหญ่สุกร (cerebrum) มีลักษณะเป็นลอนสมอง (gyrus) และร่องสมอง (sulcus) เหมือนกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั่วไป แต่รูปร่างและส่วนประกอบต่าง ๆ มีความแตกต่างกันในสมองแต่ละลูก ซึ่งสอดคล้องกับที่ Getty (1975) กล่าวว่าในสมองระหว่างสัตว์สี่กระเพาะกับม้า ซึ่งเป็นสัตว์สี่กระเพาะเดี่ยว และสัตว์สี่กระเพาะขนาดใหญ่กับสัตว์สี่กระเพาะที่มีขนาดเล็ก ก็มีความแตกต่างในลักษณะและองค์ประกอบ การศึกษาเส้นใยเชื่อมโยงในสมองใหญ่ของสุกรโดยการชำแหละ (blunt dissection) ซึ่งสามารถแสดงลักษณะและทิศทางของเส้นใยประสาทในกลุ่ม Internal capsule, Corpus callosum, Corona radiata และ Callosal radiation ได้ชัดเจน โดยมีเส้นทางการวิ่งและการแผ่อกแตกต่างกันไปดังนี้ กลุ่ม Projection fibers (Internal capsule) ซึ่งประกอบด้วย anterior limb, posterior limb และ genu จะวิ่งในแนวตั้งของสมอง เพื่อเป็นทางติดต่อของเซลล์ประสาทในซีกเดียวกัน กลุ่ม Commissural fibers (Corpus callosum) ประกอบด้วย rostrum, genu, body และ splenium จะวิ่งในแนวนอน เพื่อเป็นทางติดต่อของเซลล์ประสาทระหว่างสมองคนละซีก กลุ่ม Association fibers เป็นเส้นใยประสาทเชื่อมต่อเซลล์ประสาทระหว่าง gyrus กับ gyrus ในสมองด้านเดียวกัน เส้นทางประสาทติดต่อเหล่านี้จะแผ่กระจายไปในทุกส่วนของเนื้อสมองเพื่อช่วยให้สมองแต่ละส่วนทำงานสัมพันธ์กัน ส่วนการศึกษาตำแหน่งของเส้นใยประสาทและ nucleus ที่สำคัญในสมอง จาก coronal section ที่ผ่านการย้อมสี Luxol fast blue พบว่าเส้นใยประสาทในแผ่นสมองสุกร โดยกลุ่มของ projection fibers, commissural fibers และ association fibers มีเส้นทางเดินเหมือนกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดอื่น ๆ แต่ไม่สามารถติดตามเส้นทางการวิ่งของเส้นทางประสาทติดต่อได้ทั้งหมดในทุกทิศทาง ในขณะเดียวกันเนื่องจากเส้นประสาทจะวิ่งปะปนกันไป

คำสำคัญ : สมองใหญ่สุกร เส้นใยเชื่อมโยง การชำแหละสมอง สีย้อม

Abstract

Normal brains of domestic pigs from a slaughter house were preserved in 10% formalin for the anatomical study. The study found that the cerebrum structure of the cerebrum of the cerebrum was the same as the gyrus and the sulcus as in other mammals, but the shape and components were different. There were differences in each child's brain. Which corresponds to Getty (1975), reported that in the brain between the four stomachs and the horse with single-stomached, and a big four-stomached and a small four-stomached animals, there would be differences in appearance and composition. Studying fibers in the large brain of pigs by blunt dissection clearly showed the

nature and direction of the nerve fibers in the internal capsule, corpus callosum, corona radiate and callosal radiation groups, with different running and spreading routes as follows projection fibers (internal capsule), consisting of anterior limb, posterior limb and genu, run vertically in the brain, as a way of communicating neurons in the same hemisphere, commissural fibers (corpus callosum), composed of rostrum, genu, body and splenium, run in a horizontal plane. To be a way of communicating neurons between different brain hemispheres, association fibers were nerve fibers that connected neurons between the gyrus and the gyrus in the same brain. These nerve pathways spread across all brain tissue to help each other work in relation to each other. A study of the location of critical nerve fibers and nucleus in the brain from the Luxol fast blue coronal section, found that the nerve fibers in the pig brain plate, by the projection fibers, commissural fibers, and association fibers, had the same pathway as those of mammals, but it was unable to track the running path of all contact pathways in all directions, because the nerves would mingle with each other.

Keywords : Cerebrum of domestic pig, Fibers connection, Blunt dissection, Luxol fast blue

1. บทนำ

ระบบประสาทในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเจริญขึ้นในระยะที่เกิด embryonic disc โดยส่วนของ ectoderm ที่อยู่บริเวณ primitive knot หนาตัวขึ้นและพัฒนาเป็น neural tube ซึ่งจะเจริญเป็นระบบประสาท ระยะต่อมา neural tube จะขยายกว้างเพื่อเจริญไปเป็นสมอง 3 ส่วน คือ Prosencephalon (fore brain), Mesencephalon (mid brain), Rhombencephalon (hind brain) ต่อมาจะแบ่งเป็น 5 ส่วน ซึ่งเจริญไปเป็นสมองส่วนต่าง ๆ และเป็นช่องว่างหรือโพรงสมอง (ventricle) ในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ lateral ventricle อยู่ใน cerebral hemisphere, third ventricle อยู่ใน diencephalon, fourth ventricle อยู่ใน rhombencephalon และสมองส่วนท้ายจะเจริญไปเป็นไขสันหลัง โดยมีช่องว่างส่วนท้ายที่ต่อจาก fourth ventricle เปลี่ยนแปลงไปเป็น central canal ในไขสันหลัง (Langman, 1995)

วิวัฒนาการสมองส่วนหน้าของสัตว์ สามารถแบ่งสมองออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

Paleopallium จัดเป็นส่วนเก่าในวิวัฒนาการ เริ่มแรกสมองส่วนนี้ จะเกี่ยวข้องกับเรื่องการดมกลิ่นอย่างเดียว และยังคงทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการดมกลิ่นในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

Archipallium จัดเป็นสมองส่วนเก่าในวิวัฒนาการ สมองส่วนนี้เกี่ยวข้องกับการดมกลิ่น ต่อมาจะสูญเสียหน้าที่นี้ไป และจะไปเกี่ยวข้องกับ limbic system

Neopallium เป็นสมองส่วนใหม่ในวิวัฒนาการ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสมองส่วนนี้จะมีขนาดใหญ่ จัดเป็นสมองส่วนที่มีหน้าที่เด่น และมีความสำคัญในสัตว์ที่มีวิวัฒนาการสูงขึ้น โดยสมองแต่ละบริเวณจะทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน เช่น sensory area, motor area และ association area เป็นต้น (Getty, 1975)

วิวัฒนาการการเจริญของสมอง พบว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จะมีสมองส่วนของ neopallium เจริญมากขึ้นและมาคลุมสมองส่วนเก่าในวิวัฒนาการ คือ paleopallium และ archipallium ขณะเดียวกันสมองใหญ่ที่เคยมีผิวเรียบก็จะเริ่มมีรอยหยักเกิดขึ้น ซึ่งรอยหยักนี้จะมากขึ้นในสัตว์ชั้นสูงขึ้นไปตามลำดับ (Carpenter, 1991 ; King, 1987) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ารูปร่างและส่วนประกอบต่าง ๆ ในสมองมีความแตกต่างกันในระหว่างสัตว์สี่กระเพาะกับม้า ซึ่งเป็นสัตว์สี่กระเพาะเดี่ยว ขณะเดียวกันสัตว์สี่กระเพาะขนาดใหญ่ เช่น โค กระบือ กับสัตว์สี่กระเพาะที่มีขนาดเล็ก เช่น แพะ แกะ ก็มีความแตกต่างในลักษณะและองค์ประกอบ (Getty, 1975) ในประเทศไทยสุกรจัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งที่นำเนื้อมาใช้เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนของมนุษย์มานาน แต่ยังไม่มีการศึกษาลักษณะและส่วนประกอบของสมองและเส้นทางติดต่อของเส้นประสาทในสมอง มีเพียงการศึกษาลักษณะลอนสมองของ cerebral cortex ของ Indian buffalo (Ommer *et al.*, 1971) และการศึกษาสมองกระป๋องปลักรวมทั้งเส้นทางติดต่อของ white matter

(Liumsiricharoen *et al.*, 1999)

กลุ่มของ white matter เป็นส่วนเส้นใยประสาท ของ cerebral hemisphere จะมีลักษณะเป็นแกน (medullary core) อยู่ใต้ cerebral cortex ประกอบด้วย fiber พื้นฐาน 3 ชนิด ซึ่งมีจำนวนมาก แบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ คือ

1. Projection fiber เป็นเส้นใยประสาทที่นำสัญญาณประสาทจาก cerebral cortex ไปบริเวณส่วนอื่นที่ไกลออกไป หรือจากส่วนอื่น ๆ กลับเข้ามายัง cerebral cortex
2. Association fiber เป็นเส้นใยประสาทที่เชื่อมระหว่าง ส่วนต่าง ๆ ของ cerebral cortex ของสมองซีกเดียวกัน
3. Commissural fiber เป็นเส้นใยประสาทที่เชื่อมบริเวณต่าง ๆ ระหว่างสมองซีกซ้ายและซีกขวาในกลุ่มของ white matter ซึ่งประกอบด้วย commissural fiber, association fiber และ projection fiber โดยจะมีลักษณะโค้ง เมื่อตัดสมองตามระนาบ horizontal จึงได้ชื่อรวมว่า “Semioval center” (Carpenter, 1991)

Hippocampus and fornix

Hippocampus เป็นสมองส่วน archipallium ซึ่งเป็นสมองส่วนเก่าในวิวัฒนาการ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความจำ อารมณ์ และเกี่ยวข้องกับระบบประสาทอัตโนมัติ (Carpenter, 1991) นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับสัญญาณในสัตว์ชั้นต่ำ ได้มีการศึกษา hippocampus และเส้นทางติดต่อของ hippocampus กับสมองส่วนอื่น ๆ และศึกษาอาการที่เกิดขึ้นจากความผิดปกติของ hippocampus ในคนและสัตว์ พบว่าการทำลาย hippocampus ในคนจะสูญเสียการเรียนรู้และความจำใหม่ ๆ การทำลายบางส่วนของ hippocampus ในนกพิราบจะมีผลต่อความจำ ตำแหน่งและทิศทางของการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ปล่อยนกพิราบและกลับมาที่เดิมลดลง (Colombo and Broadbent, 1967) แต่การศึกษากายวิภาคของสมองใหญ่ในสุกรมีน้อย ซึ่งอาจเพราะสุกรเป็นสัตว์เศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ที่เลี้ยงเพื่อการบริโภคเป็นส่วนใหญ่ วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของสมองใหญ่สุกร และศึกษาเส้นใยเชื่อมโยงในสมองใหญ่ของสุกร โดยการชำแหละด้วยวิธี blunt dissection ร่วมกับการตัด coronal section สมองสุกร เพื่อแสดงทิศทางลักษณะ 3 มิติของ fibers การศึกษาในครั้งนี้จะเป็นองค์ความรู้ เพื่อการศึกษารายละเอียดทางกายวิภาคศาสตร์และเส้นใยเชื่อมโยงในสมองใหญ่ของสุกร ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดอื่น ๆ อย่างไร

2. วิธีการศึกษา

นำหัวสุกรขุนจากโรงฆ่าสัตว์ (ไม่จำกัดเพศและอายุ) จำนวน 10 ลูก เปิดกะโหลกเอาสมองออกมา โดยใช้ขวานเฉาะเอาแผ่นกะโหลกที่คลุมออก ตัดเยื่อหุ้มสมองส่วน dura mater จากนั้นตัดเส้นประสาทสมองออก และตัดเส้นเลือดแดง internal carotid จากนั้นนำสมองออกมาจากกะโหลกศีรษะ แช่ใน 10% formalin (Suriyaprapadilok, 1996) ประมาณ 3 เดือน แบ่งสมองออกเป็น 3 กลุ่ม และนำมาดำเนินการศึกษา ดังนี้

1. นำสมอง 3 ลูก มาเลาะเส้นเลือดและเยื่อหุ้มสมองออก เพื่อแสดงลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ ภายนอกของสมองสุกรทั้งด้านบน ด้านข้าง และด้านล่าง
2. สมอง 4 ลูกชำแหละ เพื่อศึกษาเส้นทางการติดต่อของเส้นใยประสาทในสมองใหญ่ (Komaromy, 1966; Montemuro and Bruni, 1981) เมื่อสมองที่แช่ในน้ำยาฟอर्मาลินมีความแข็งดีแล้ว จึงนำมาชำแหละโดยการฉีกเป็นแผ่นตามทิศทางของเส้นใยประสาท ใน white matter
3. สมอง 3 ลูก ตัดตามระนาบ coronal section เป็นแผ่นหนา 4-6 มม. ด้วย meat slicer นำไปย้อมสี luxol fast blue ตามวิธีของ Dziabis, 1958 เพื่อศึกษตำแหน่งของเส้นใยประสาทและ nucleus ที่สำคัญในสมอง
4. วิธีการเก็บข้อมูล คือใช้สมองสุกรทั้งลูกศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ภายนอก ส่วนการชำแหละและการตัด section สมอง เพื่อแสดงเส้นใยเชื่อมโยงในสมองใหญ่ จากนั้นนำสมองทุกชิ้นถ่ายรูป label ตำแหน่งที่สำคัญ

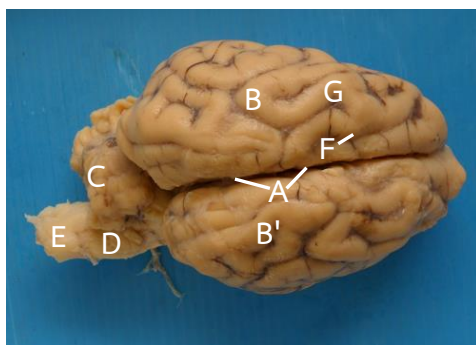
นำมาศึกษาโดยเปรียบเทียบกับผู้ที่ศึกษามาก่อนในสมองสุนัขหมา โค แพะ แกะ กระบือ และคน (Liumsiricharoen, 1988; Carpenter, 1991; DeArmond *et al.*, 1976; Getty, 1975; Nickel *et al.*, 1992; Yoshikawa, 1967)

3. ผลการศึกษา

ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของสมองสุกร (Domestic pig)

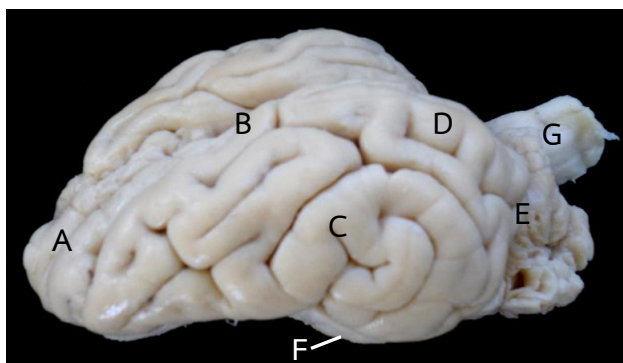
จากการศึกษาโครงสร้างของสมองสุกร ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ สมองใหญ่ (Cerebrum) สมองน้อย (Cerebellum) และก้านสมอง (Brainstem) เหมือนกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ส่วนโครงสร้างของสมองใหญ่สุกร (cerebrum) มีลักษณะเป็นลอนสมอง (gyrus) และร่องสมอง (sulcus) เหมือนกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั่วไป สำหรับรูปร่างและส่วนประกอบต่าง ๆ มีความแตกต่างกันในสมองแต่ละลูก ซึ่งสอดคล้องกับที่ Getty (1975) ศึกษาว่าในระหว่างสัตว์ที่กระเพาะกับหมา ซึ่งเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว ขณะเดียวกันสัตว์ที่กระเพาะขนาดใหญ่ เช่น โค กระบือ กับสัตว์ที่กระเพาะที่มีขนาดเล็ก เช่น แพะ แกะ ก็จะมี ความแตกต่างในลักษณะและองค์ประกอบ สมองสุกรทางด้านหน้ามีลักษณะแคบและแบนกว่าด้านหลัง มีร่อง longitudinal fissure ตรงกลางแยกสมองออกเป็นซีกซ้ายและซีกขวา ในตำแหน่งของร่องนี้จะเป็นที่อยู่ของ falx cerebri ซึ่งเป็นแผ่น dura mater ที่หนาตัว ส่วนของ cerebrum แยกจาก cerebellum ด้วยแผ่น dura mater ที่หนาตัวขึ้นเรียกว่า tentorial cerebella ลักษณะลอนและร่อง ที่ผิวสมองจะมีความแตกต่างกันในสมองสุกรแต่ละลูก ซึ่งเหมือนกับโค กระบือ แพะ แกะ สุนัข และม้า

จากการศึกษาลักษณะมหากายวิภาคศาสตร์ของสมองใหญ่ในสุกร ถึงองค์ประกอบและตำแหน่งต่าง ๆ ภายนอกของสมองสุกรทั้งด้านบน ด้านข้าง และด้านล่าง (ดังภาพที่ 1 - 3)



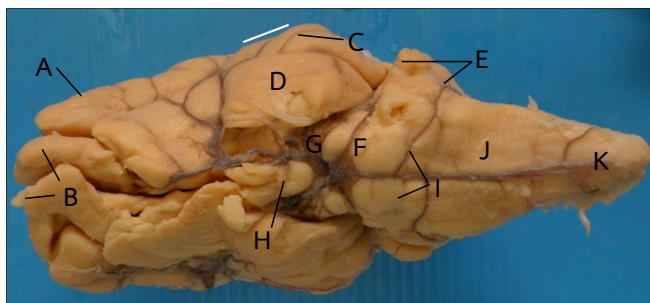
ภาพที่ 1 Dorsal view of the pig brain

A : Longitudinal fissure, B : Left cerebral hemisphere, B' : Right cerebral hemisphere, C : Cerebellum, D : Medulla oblongata, E : Spinal cord, F : Sulcus, G : Gyrus



ภาพที่ 2 Lateral view of the pig brain

A : Frontal lobe of Cerebrum, B : Parietal lobe of Cerebrum, C : Temporal lobe of Cerebrum, D : Occipital lobe of cerebrum, E : Cerebellum, F : Piriform lobe, G : Spinal cord

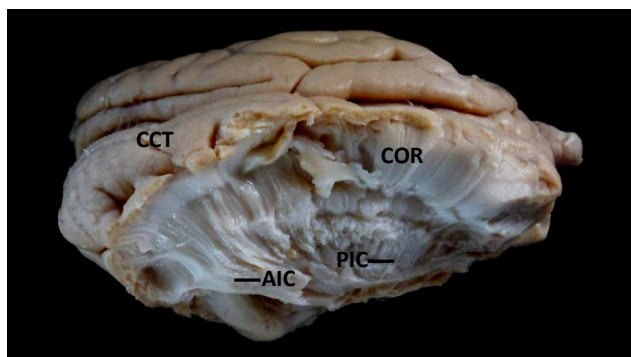


ภาพที่ 3 Ventral view of the pig brain

A : Frontal lobe of Cerebrum, B : Olfactory bulb, C : Temporal lobe of Cerebrum, D : Piriform lobe, E : Cerebellum, F : Pons, G : Crus cerebri (Cerebral peduncle), H : Mammillary body, I : Trapezoid body, J : Medulla oblongata, K : Spinal cord

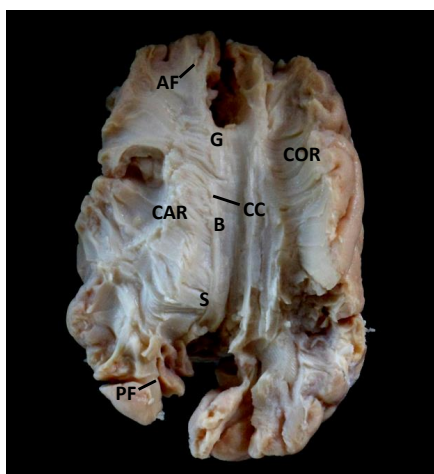
การศึกษาเส้นทางติดต่อของเส้นใยประสาทในสมองใหญ่สุกร โดยวิธีการชำแหละ (blunt dissection) ในลักษณะ 3 มิติ

การศึกษาเส้นทางติดต่อของเส้นใยประสาทในสมองสุกร โดยวิธีการชำแหละ ทำให้ได้สมองที่แสดงลักษณะ 3 มิติ ทางด้านข้าง ด้านบนและด้านข้าง (ดังภาพที่ 4 - 5) ซึ่งสามารถแสดงลักษณะและทิศทางของเส้นใยประสาทในกลุ่ม Internal capsule, Corpus callosum, Corona radiate และ Callosal radiation ที่เห็นด้วยตาเปล่าได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 4 Blunt dissection of the pig brain (Lateral view)

AIC : Anterior limb of internal capsule, CCT : Cerebral cortex, COR: Corona radiate, PIC : Posterior limb of internal capsule

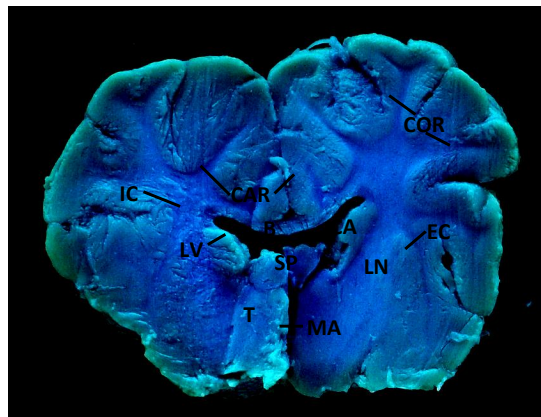


ภาพที่ 5 Blunt dissection of the pig brain (Dorsal view)

AF : Anterior forceps, B : body of corpus callosum, CAR : Callosal radiation, CC : Corpus callosum, COR : Corona radiate, G : Geno of corpus callosum, PF : Posterior forceps, S : Splenium of corpus callosum

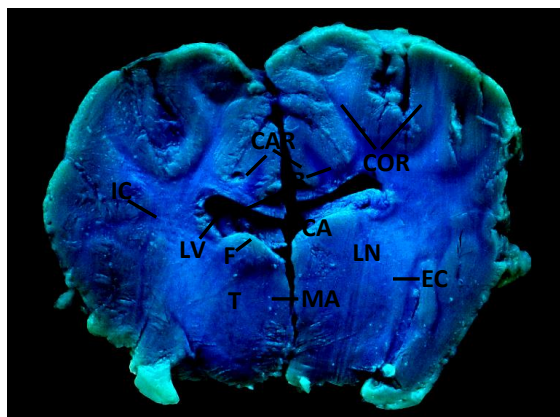
การศึกษาตำแหน่งของเส้นใยประสาทและ nucleus ที่สำคัญในสมอง จาก coronal section ในระดับต่าง ๆ ที่ผ่านการย้อมสี

ผลจากการตัด coronal section สมองสุกร ที่มีความหนา ประมาณ 4 - 6 มิลลิเมตร แล้วนำแผ่นสมอง (brain slices) ที่ได้ไปย้อมสี luxol fast blue ซึ่งจะทำให้แผ่นสมองติดสีฟ้าเข้มในบริเวณที่เป็นเนื้อขาว (white matter) และติดสีฟ้าจางในบริเวณที่เป็นเนื้อเทา (gray matter) จากการศึกษพบว่าตำแหน่งของเส้นใยประสาทในแผ่นสมองสุกร ซึ่งกลุ่มของ projection fibers, commissural fibers และ association fibers มีเส้นทางเดินเหมือนกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดอื่นๆ แต่มีลักษณะการติดสีฟ้าจางกว่าปกติ จึงทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างเนื้อเทา (gray matter) และเนื้อขาว (white matter) ในบางตำแหน่งได้ยาก ซึ่งผู้วิจัยยังไม่ทราบเหตุผลที่แน่ชัด โดยแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของแผ่นสมองที่ตัด section (ดังภาพที่ 6 - 7) ส่วนตำแหน่งของ internal capsule และ corpus callosum ในแผ่นสมองสุกรมีลักษณะไม่เด่นชัด รวมทั้งจากการสังเกตการแตกแขนงของเส้นใยประสาทในกลุ่ม association fibers กับเนื้อเทามีเส้นทางที่ไม่ซับซ้อน



ภาพที่ 6 Coronal section of the pig brain (Luxol fast blue stain)

CAR : Callosal radiation, COR : Corona radiate, B : Body of corpus callosum, EC : External capsule, CA : Caudate nucleus, IC : Internal capsule, LN : Lentiform nucleus, LV : Lateral ventricle, SP : Septum pellucidum



ภาพที่ 7 Coronal section of the pig brain (Luxol fast blue stain)

CA : Caudate nucleus, CAR : Callosal radiation, COR : Corona radiate, B : Body of corpus callosum, EC : External capsule, F : Fornix, IC : Internal capsule, LN : Lentiform nucleus, LV : Lateral ventricle, MA : Mesencephalic aqueduct, T : Thalamus

4. อภิปรายผล

จากการเก็บตัวอย่างในโรงฆ่าสัตว์ ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐาน รวมทั้งอาจพบปัญหาหรืออุปสรรคเรื่องโครงสร้างและองค์ประกอบของสมองสุกร มีดังนี้

1. ลักษณะมหากายวิภาคศาสตร์ของสมองสุกร (Domestic pig) การเก็บตัวอย่างสมองสุกรจากโรงฆ่าสัตว์ในสภาพสด มักเป็นสุกรขุนที่มีน้ำหนักตัวอยู่ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 พวกที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 90 - 100 กิโลกรัม พบว่ามีความกว้างของสมองใหญ่ทั้ง 2 ซีก รวมกันกว้างประมาณ 2 - 2.5 นิ้ว ความยาวจาก anterior pole ไป posterior pole ประมาณ 3 - 3.5 นิ้ว และกลุ่มที่ 2 พวกที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 110 - 140 กิโลกรัม พบว่ามีความกว้างของสมองใหญ่ทั้ง 2 ซีก รวมกันกว้างประมาณ 2.5 - 3 นิ้ว ความยาวจาก anterior pole ไป posterior pole ประมาณ 3.5 - 4 นิ้ว หากเปรียบเทียบกันพบว่า สุกรกลุ่มที่ 2 จะมีขนาดของสมองใหญ่กว่ากลุ่มที่ 1 เล็กน้อย และอาจขึ้นกับอายุและขนาดของกะโหลกศีรษะสุกรแต่ละตัว

2. วิธีการชำแหละ (blunt dissection) แสดงลักษณะ 3 มิติ เพื่อแสดงลักษณะและทิศทางของเส้นใยประสาทในกลุ่มต่าง ๆ ซึ่งเป็นวิธีศึกษา cerebral tract เนื่องจากเส้นทางของระบบประสาทส่วนกลางจะมีขนาดใหญ่และจำนวนมาก อยู่ในแนวขนานหรือประสานตัดกันกับส่วนอื่น ๆ และสัมพันธ์กับบริเวณอื่น ๆ หลายบริเวณ วิธีการชำแหละสมองนี้จึงสามารถใช้หารายละเอียดและเส้นทางติดต่อของเส้นใยประสาทในสมองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งเหมาะในการจำแนกโครงสร้างของ white matter และลักษณะที่จำเพาะของ cerebral tract ในสมองใหญ่ของสุกรได้ จากการศึกษาสมองใหญ่ของสุกร พบว่ามีความยากมากกว่าสมองของโค กระบือ และสุนัข เนื่องจากในชั้นของเนื้อขาวของสมองสุกรมีไขมันเป็นองค์ประกอบที่ค่อนข้างมากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดอื่น ๆ จึงทำให้การแสดงโครงสร้างของเส้นใยประสาทเชื่อมโยงในสมองใหญ่ของสุกรทั้งที่เป็น projection fibers, association fibers และ commissural fibers ขณะชำแหละขาดได้ง่าย และเห็นได้ไม่ชัดเจนในบางตำแหน่ง

3. การศึกษาเปรียบเทียบทางเดินของเส้นใยประสาทในแผ่นสมองจากการตัด section ในระดับต่าง ๆ ที่ผ่านการย้อมสี luxol fast blue พบว่าสมองของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั่ว ๆ ไป จะเก็บรักษาสภาพด้วยฟอร์มาลินเข้มข้น 10% นาน 2 เดือน ส่วนสมองสุกรที่ต้องด้วยน้ำยาฟอร์มาลินความเข้มข้น 10% จะแช่นานกว่า 3 เดือน เนื่องจากสมองสุกรมีไขมันมากกว่าสมองของโค กระบือ แพะ แกะ สุนัข และม้า และการตัด section สมองสุกร มีความหนาคลาดเคลื่อนมากจะทำให้ไม่เห็นส่วนประกอบที่สำคัญ หรืออาจเห็นได้ไม่ชัดเจน

5. สรุปผล

จากการศึกษากายวิภาคศาสตร์ในสมองใหญ่ของสุกรขุน ซึ่งแสดงลักษณะและองค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งด้านหน้า ด้านบน ด้านข้าง และด้านหลัง คือ frontal lobe, parietal lobe, temporal lobe และ occipital lobe ทำให้ทราบถึงลักษณะภายนอกที่มีความคล้ายคลึงกับสัตว์ชนิดอื่น ๆ และพบว่าสมองใหญ่ของสุกรขุนบริเวณส่วนหน้ามีลักษณะแบนมากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดอื่น ๆ ส่วนการศึกษาทางเดินของเส้นใยประสาทในสมองใหญ่ของสุกรขุน ด้วยวิธีชำแหละ (blunt dissection) เพื่อแสดงลักษณะสามมิติ และการตัด section สมองและย้อมสี ในกลุ่มของ internal capsule และ corona radiata, corpus callosum และ callosal radiation พบว่าเส้นใยเชื่อมโยงในสมองใหญ่ของสุกรขุน จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับสัตว์ชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าจะมีการแผ่ออกของ fibers ตามรูปร่างลักษณะของสมองสัตว์ ซึ่งในสุกรขุนมีลักษณะไม่ซับซ้อนเหมือนสัตว์ชนิดอื่น ๆ เช่น โค กระบือ แพะ แกะ สุนัข และม้า ดังแสดงลักษณะของ fibers จากการย้อมสี luxol fast blue

6. เอกสารอ้างอิง

Carpenter, M.B. 1991. *Core Text of Neuroanatomy*. 4th ed. Williams and Wilkins, Baltimore, London. 481 p.

- Colombo, M. and N. Broadbent. 2000. **Is the avian hippocampus a function homologue of the mammalian hippocampus.** Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 24 : 465-484.
- DeArmond, S.J., M.M. Fusco and M.M. Dewey. 1976. **A Photographic Atlas, Structure of The Human Brain 2nd ed.** Oxford University press, New York. 186 p.
- Dziabis, Ms. 1958. **Luxol Fast Blue MBS A stain for gross brain section.** Stain technology. 33 : 96-97.
- Getty. R. 1975. **Sisson and Grosman's The Anatomy of the Domestic Animal.** Volume 2. 5th ed. W.D. Saunders Company, Philadelphia. 1211 p.
- King A.S. 1987. **Physiology and Clinical Anatomy of the Domestic Mammals, Volume 1, Central nervous System.** Oxford University Press, Oxford. 325 p.
- Komaromy, L. 1966. **Dissection of the brain, A Tomographical and technical guide.** Adademial kaido publishing house of the hungarian academy of sciences, Budapest. 127 p.
- Langman, J. 1995. **Medical Embryology.** 7th ed. Williams and Wilkins, Baltimor, London. 460 p.
- Liumsiricharoen, M., A. Suprasert, N. Chungsamarnyat, K. Serikul, A. Doungern and P. Ruangsuphapichat. 1999. **Anatomical study of brain in swamp buffalo including white matter connection.** Kasetsart J. 33: 570-579.
- Liumsiricharoen M. 1988. **The Nervous System of Dogs.** Department of Anatomy, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University Bangkok Thailand. 108 p.
- Montemuro and Bruni. 1981. **The Human Brain in Dissection.** W.B. saunders company. 123 p.
- Nickel, R., A. Schummrer and E. Sciferle. 1992. **Lehrbuch Der Anatomie Der Haustiere, Band IV.** 3 Auflage, Nervensystem, Verlag paul parey, Berlin and Hamburg. 442 p.
- Ommer, P.A., L. Paily, K. Radhakrishnan and V. Padmanabhan. 1971. **Convolutions of the cerebral cortex of the Indian buffalo (*Bubalus bubalis*) a preliminary study.** Kerala Journal of veterinary science 2 (1) : 25-28.
- Yoshikawa, T. 1967. **Atlas of the Brains of Domestic Animals.** University of Tokyo press, Tokyo. 190 p.
- Suriyaprapadilok, L. 1996. **Staining of brain slices prior to plastination.** M.S. Thesis in anatomy, Faculty of Graduate studies. Mahidol University. 32 p.

(Received: 7/Jan/2020, Revised: 18/Dec/2020, Accepted: 21/Dec/2020)

ความหลากหลายและการแพร่กระจายของแมลงน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร

Species Richness and Distribution of Aquatic Insects in Nam Oun Reservoir, Sakon Nakhon Province

บุญธิวา ชาดิขานิ สมศักดิ์ ระยัน* สุกัญญา คำหล้า และ อมรรัตน์ รังสิวิวัฒน์

Boonthiwa Chartchumni, Somsak Rayan*, Sugunya Kumla
and Amornrat Rangsiwiwat

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร 47160

Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus 47160

*corresponding author, e-mail: somsakryi@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายและการแพร่กระจายของแมลงน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2556 ถึง เดือนตุลาคม 2557 พบแมลงน้ำ 4 อันดับ 8 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Dytiscidae Baetiscidae Belostomatidae Hydrometridae Nepidae Coenagrionidae Gomphidae และ Libellulidae ความชุกชุมของแมลงน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.94 ± 108.01 ตัวต่อตารางเมตร ความหลากหลายและดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ± 1.53 และ 0.94 ± 0.25 ตามลำดับ โดยความชุกชุมและความหลากหลายของแมลงน้ำในฤดูกาลที่สำรวจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การกระจายตัวของแมลงน้ำแต่ละพื้นที่และฤดูกาล พบการกระจายตัวของแมลงน้ำเป็น 2 กลุ่มหลักคือ กลุ่มที่ 1 เป็นแมลงน้ำที่แพร่กระจายช่วงฤดูหนาวในสถานีที่ 1 ได้แก่ ตัวน้ำ (DYSP) แมลงดาเล็ก (BESP) จิงโจ้น้ำ (GESP) และตัวอ่อนแมลงปอเข็ม (ARSP) โดยมีลักษณะการแพร่กระจายไปในทิศทางเดียวกับความชุกชุม และกลุ่มที่ 2 เป็นแมลงน้ำที่มีการแพร่กระจายในช่วงฤดูร้อนในสถานีที่ 5 ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (LISP) ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (HASP) มวนน้ำหางยาว (RASP) และตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (EPSP) โดยมีลักษณะการแพร่กระจายสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับความหลากหลาย ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ อุณหภูมิของน้ำ และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

คำสำคัญ : แมลงน้ำ ความชุกชุม ความหลากหลาย ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ เขื่อนน้ำอูน

Abstract

This research aims to investigate the species richness and the distribution of aquatic insects in Nam Oun Reservoir between November 2013 to October 2014. There were 4 orders with 8 families; families Dytiscidae, Baetiscidae, Belostomatidae, Hydrometridae, Nepidae, Coenagrionidae, Gomphidae and Libellulidae. The abundance of aquatic insects was average 100.94 ± 108.01 insect / square meter. The richness and the biodiversity were average 4.27 ± 1.53 and 0.94 ± 0.25 , respectively. The abundance and the species richness of aquatic insects in surveying time were significant difference ($P < 0.05$). The principal component analysis on the species aquatic insects' distribution in each area and season was found that the distribution divided into 2 clusters as follows; Cluster 1 was the aquatic insects distributed in winter season which were water beetles (DYSP), small water bugs (BESP), water striders (GESP), and damselfly larvae (ARSP). The abundance and distribution were in the similar direction. Cluster 2 was aquatic insects distributed in hot season in station 5 such as dragonfly larvae

(LISP), dragon fly larvae (HASP), Hemiptera (RASP) and Ephemeroptera (EPSP). The distribution and the abundance were spread in the similar direction related to the richness, the biodiversity, water temperature and dissolved oxygen.

Keywords : aquatic insects, abundance, species richness, Shannon-Wiener index, Nam Oun reservoir

1. บทนำ

แมลงส่วนมากอาศัยอยู่บนบกมีเพียงส่วนน้อยที่อาศัยในน้ำหรืออยู่ใกล้ น้ำ แมลงเหล่านี้จึงถูกเรียกว่าแมลงน้ำ (Aquatic insects และ Semiaquatic insects) ซึ่งมีสมาชิกรวม 13 อันดับ (Order) ในจำนวนนี้มี 5 อันดับ คือ อันดับแมลงชีปะขาว (Ephemeroptera) อันดับแมลงข้างกรามโต (Megaloptera) อันดับแมลงปอ (Odonata) อันดับแมลงเกาะหิน หรือแมลงสโตนฟลาย (Plecoptera) และอันดับแมลงหนอนปลอกน้ำ (Tricoptera) เป็นแมลงน้ำที่แท้จริงเนื่องจากมีสมาชิกทุกชนิดอาศัยอยู่ในน้ำ แมลงชีปะขาวและแมลงเกาะหินมีระยะไข่และระยะตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำ ตัวเต็มวัยอาศัยบนบก แมลงปอ แมลงข้างกรามโต และแมลงหนอนปลอกน้ำมีระยะตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำ ตัวเต็มวัยอยู่บนบก อาจวางไข่บนบกหรือในน้ำขึ้นอยู่กับชนิด อันดับแมลงด้วง (Coleoptera) อันดับแมลงสองปีก (Diptera) อันดับแมลงแตน (Hymenoptera) อันดับผีเสื้อและมอส (Lepidoptera) อันดับแมลงข้างปีกใส (Neuroptera) มีสมาชิกส่วนมากเป็นแมลงบก และมีบางส่วนเป็นแมลงน้ำ ตัวบางชนิดอาศัยอยู่ในน้ำตลอดชีวิต แต่บางชนิดอาศัยในน้ำเพียงบางระยะ แมลงสองปีกที่เป็นแมลงน้ำมีเพียงระยะไข่ ตัวอ่อน และดักแด้อยู่ในน้ำ ส่วนตัวเต็มวัยอยู่บนบก (Sangpradub, 2005) มีรายงานการศึกษาการแพร่กระจายของแมลงน้ำ Chaisri *et al.* (2009) ศึกษาการกระจายตัวของแมลงน้ำในแม่น้ำลาว จังหวัดเชียงราย พบแมลงน้ำทั้งหมด 8 อันดับ 89 วงศ์ การกระจายตัวของแมลงน้ำพบมากที่สุดบริเวณต้นน้ำ คือ วงศ์ Leptoceridae พบมากที่สุดบริเวณกลางน้ำ คือ วงศ์ Baetidae และพบมากที่สุดบริเวณปลายน้ำ คือ วงศ์ Corixidae Minewang *et al.* (2012) รายงานพบแมลงน้ำในลำห้วยแม่ตาว จังหวัดตาก จำนวน 9 อันดับ 59 วงศ์ และแมลงที่พบมากที่สุดคือแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae Soontornprasit (2012) ศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา พบกลุ่มแมลงน้ำ 6 อันดับ 26 วงศ์ 3,511 ตัว แมลงที่พบมากที่สุดคือจิงโจ้น้ำในวงศ์ Geridae อันดับ Hemiptera Prommi (2011) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพและโครงสร้างชุมชนของแมลงน้ำในบ่อน้ำจืดที่มีน้ำขังตลอดเวลา ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 21 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ Corduliidae, Belostomatidae, Nepidae, Mesovelidae, Chironomidae และ Hydrometridae มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและอากาศ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณซิลิเกต Soontornprasit *et al.* (2013) ศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในแม่น้ำอิง จังหวัดพะเยา และจังหวัดเชียงราย พบแมลงน้ำ 7 อันดับ 22 วงศ์ และแมลงน้ำที่พบมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ ความเป็นด่าง และปริมาณออร์โธฟอสเฟต

แมลงน้ำถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสัตว์หน้าดิน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายและความชุกชุมของสัตว์หน้าดิน ได้แก่ ปัจจัยด้านคุณภาพน้ำ ทิศทางกระแสน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ ลักษณะของพื้นที่ท้องน้ำ และฤดูกาล (Thanee, 2014) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความกว้างของลำธาร ความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงปอ (Rattanaboontha and Sangpradub, 2010) การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำมีผลกระทบต่อจำนวนชนิด (species) ปริมาณ (abundance) และรูปแบบการกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำโดยเฉพาะโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Abel, 1989; Richards *et al.*, 1993) และมีผลกระทบต่อ การกระจายตัวของแมลงน้ำในบริเวณนั้น (McCafferty and Provonsa, 1981) โดยเฉพาะแหล่งน้ำระบบปิด เช่น อ่างเก็บน้ำจะได้รับผลกระทบดังกล่าวได้มากกว่าแหล่งน้ำเปิด (Ngamsnae, 2011) ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าเพื่อศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของแมลงน้ำในพื้นที่และฤดูกาลในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร ซึ่งเป็น

แหล่งน้ำที่เกิดจากการสร้างเขื่อนขวางกั้นลำน้ำอันใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรเป็นหลัก และเป็นแหล่งอาหารจากทรัพยากรสัตว์น้ำของชุมชนโดยรอบอ่างเก็บน้ำ โดยผลการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของชนิดและการแพร่กระจายของแมลงน้ำที่เป็นทรัพยากรสัตว์น้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน

2. วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษาและช่วงเวลาการสุ่มเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดสำรวจตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูนที่แตกต่างกันเป็น 3 เขต ได้แก่ เขตตอนล่าง (Zone 1) เขตตอนกลาง (Zone 2) และเขตตอนบน (Zone 3) เขตละ 2 จุดสำรวจ รวม 6 จุดสำรวจ มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ ดังนี้ S1 17°17'27.86"N 103°45'49.90"E, S2 17°16'32.50"N 103°41'44.05"E, S3 17°13'48.96"N 103°44'31.48"E, S4 17°14'12.72"N 103°41'05.76"E, S5 17°11'53.69"N 103°44'41.66"E และ S6 17°09'15.13"N 103°48'03.33"E (Figure 1)

รวบรวมตัวอย่างน้ำ และแมลงน้ำระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2556 ถึงเดือนตุลาคม 2557 โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ตามช่วงเวลาฤดูกาลของประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู ดังนี้ ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ (T1) ฤดูร้อนเริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม (T2) และฤดูฝนเริ่มต้นประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม (T3) (Meteorological Department, 2020)

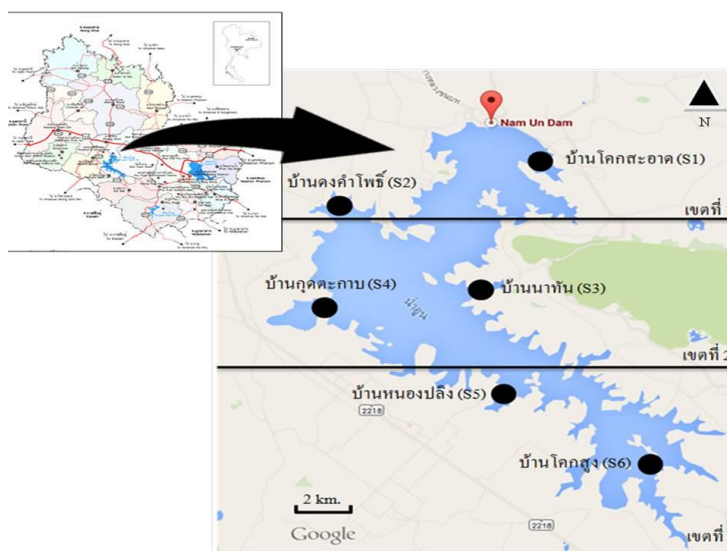


Figure 1 Map and location of sampling station (●) in Nam Oun reservoir, Sakon Nakhon province

การรวบรวมตัวอย่างน้ำและแมลงน้ำ

ตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณจุดสำรวจ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำด้วยเทอร์โมมิเตอร์ จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 30 ซม. ด้วยขวดโพลีเอทิลีนเพื่อวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง Mettler Toledo รุ่น FEP20 และ FEP30 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยเครื่อง Hanna รุ่น HI 2400 วิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง และค่าความกระด้าง ด้วยวิธี Titrimetric method ตามวิธีการของ APHA (1998)

รวบรวมตัวอย่างแมลงน้ำโดยใช้สวิงลากกวาดไปมา 3-5 ครั้ง ผ่านพงไม้บริเวณใกล้ฝั่งจนถึงน้ำลึก 1 เมตร จุดสำรวจละ 3 ครั้ง รักษาตัวอย่างด้วย alcohol 95% จำแนกชนิดตามเอกสารของ Pennak (1953), Dudgeon (1999), Yule and Sen (2004), และ Sangpradub and Boonsoong (2006)

การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณร้อยละความถี่ของการพบแมลงน้ำแต่ละชนิดเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการสำรวจทั้งหมด (frequency of occurrence) ความชุกชุม (Abundance) คำนวณค่าดัชนีทางชีวภาพ ประกอบด้วย ความหลากหลายชนิด (Species richness) และดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (Shannon-Wiener index, H') ตามวิธีของ Clarke and Warwick (1994) ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Kruskal Wallis test จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลอง ตามวิธีทูเก้ (Tukey's method) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) เพื่อศึกษาการกระจายตัวของแมลงน้ำแต่ละพื้นที่และฤดูกาล ด้วยโปรแกรม R-statistic version 2.9.0 (R Development Core Team, 2009)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำ

การศึกษาความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร รวบรวมตัวอย่างแมลงน้ำระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2556 ถึงเดือนตุลาคม 2557 ทั้งหมด 3 ครั้งในรอบปี โดยทำการสุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนฤดูหนาวในเดือนพฤศจิกายน (T1) ฤดูร้อนในเดือนเมษายน (T2) และฤดูฝนในเดือนกันยายน (T3) พบแมลงน้ำ 4 อันดับจำนวน 8 วงศ์ ได้แก่ อันดับด้วงน้ำ (Coleoptera) จำนวน 1 วงศ์ (Family Dytiscidae) อันดับแมลงชีปะขาว (Ephemeroptera) จำนวน 1 วงศ์ (Family Baetiscidae) อันดับมวนน้ำ (Hemiptera) จำนวน 3 วงศ์ (Family Belostomatidae, Hydrometridae และ Nepidae) และอันดับแมลงปอ (Odonata) จำนวน 3 วงศ์ (Family Coenagrionidae, Gomphidae และ Libellulidae) โดยวงศ์ที่มีร้อยละของการพบสูงสุด 3 วงศ์ ในการสำรวจครั้งนี้คือ ตัวอ่อนแมลงปอเข็มวงศ์ Coenagrionidae ตัวอ่อนแมลงปอบ้านวงศ์ Gomphidae และตัวอ่อนแมลงปอบ้านวงศ์ Libellulidae พบร้อยละ 22.08 16.88 และ 16.88 ตามลำดับ โดยวงศ์ที่มีร้อยละของการพบต่ำที่สุดในการสำรวจครั้งนี้คือ แมลงชีปะขาววงศ์ Baetiscidae พบร้อยละ 1.30 (Table 1)

จากการศึกษาความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูนพบแมลงน้ำทั้งหมด 4 อันดับ 8 วงศ์ ในขณะที่ Soontornprasit *et al.* (2013) รายงานผลการศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในแม่น้ำอิง ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนธันวาคม 2555 พบแมลงน้ำ 4 อันดับ 22 วงศ์ Chaisri *et al.* (2009) รายงานผลการศึกษาการกระจายตัวของแมลงน้ำในแม่น้ำลาว จังหวัดเชียงราย ระหว่างเดือนตุลาคม 2549 ถึงเดือนสิงหาคม 2550 พบแมลงน้ำ 8 อันดับ 89 วงศ์ Minewang *et al.* (2012) รายงานผลการศึกษาแมลงน้ำในลำห้วยแม่ดาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2559 พบแมลงน้ำ 9 อันดับ 59 วงศ์ Prommi (2011) รายงานผลการศึกษาแมลงน้ำในบ่อน้ำจืดที่มีน้ำขังตลอดเวลาในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างเดือนมีนาคม 2553 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2554 พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 21 วงศ์ Soontornprasit (2012) ศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม 2553 พบกลุ่มแมลงน้ำ 6 อันดับ 26 วงศ์ 3,511 ตัว แมลงที่พบมากที่สุดคือจิ้งจอกน้ำ ในวงศ์ Geridae อันดับ Hemiptera จะเห็นได้ว่าในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูนมีความหลากหลายชนิดน้อยกว่าที่กล่าวมาทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของพื้นที่ ช่วงเวลาการสุ่มตัวอย่าง และวิธีการสุ่มตัวอย่าง หรืออาจเนื่องมาจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูนมีความหลากหลายชนิดน้อยกว่าแหล่งน้ำที่มีรายงานข้างต้น

ความชุกชุมและดัชนีทางชีวภาพของแมลงน้ำ

ความชุกชุมแมลงน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.94 ± 108.01 ตัวต่อตารางเมตร ความหลากหลายชนิดและดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ± 1.53 และ 0.94 ± 0.25 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่าความชุกชุมและความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำในฤดูกาลที่สำรวจมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 2) โดยที่ความชุกชุมของแมลงน้ำในฤดูหนาว และฤดูร้อน (เฉลี่ย 221.33 และ 69.00 ตัว/

Table 1 Occurrence of Aquatic insects in Nam Oun reservoir, Sakon Nakhon province

Order	Family	Species	Abb	T1						T2						T3						% F
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Dytiscus</i> sp.	DYSP	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5.19
Ephemeroptera	Baetiscidae	<i>Ephemera</i> sp.	EPSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1.30
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i> sp.	BESP	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	9.09
	Hydrometridae	<i>Gerris</i> sp.	GESp	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	15.58
	Nepidae	<i>Ranatra</i> sp.	RASP	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	12.99
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i> sp.	ARSP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	22.08
	Gomphidae	<i>Hagenius</i> sp.	HASP	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	16.88
	Libellulidae	<i>Libellula</i> sp.	LISP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	16.88

Note: 1 = found, 0 = not found

ตรม. ตามลำดับ) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับฤดูฝนที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.50 ตัว/ตรม. และดัชนีความหลากหลายชนิดฤดูหนาวและฤดูร้อน (เฉลี่ย 5.16 และ 5.16 ตามลำดับ) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับฤดูฝนที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 (Figure 2) และค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 0.97 1.18 และ 0.67 ตามลำดับ

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 ± 0.25 เป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำเนื่องจากค่าที่น้อยกว่า 1 แสดงถึงแหล่งน้ำมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ มีค่าใกล้เคียงกับ Soontornprasit (2012) รายงานว่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำในแม่น้ำอิงมีค่าอยู่ในช่วง 0.07-0.89 และ Minewang *et al.* (2012) รายงานว่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำในลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก เปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่ามีค่าในช่วง 0.77 - 1.32 โดยสถานที่มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพต่ำกว่า 1 จะมีเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในระดับค่อนข้างสกปรก

Table 2 Summary of Kruskal Wallis chi-square test for abundance, species richness and Shannon-Wiener index for Aquatic insect in Nam Oun reservoir

Variate	Station		Season	
	(d.f. = 5)	P-value	(d.f. = 2)	P-value
Abundance	3.278	0.657	7.238	0.026**
Species richness	3.800	0.578	7.247	0.026***
Shannon-Wiener index	9.337	0.096	4.235	0.120

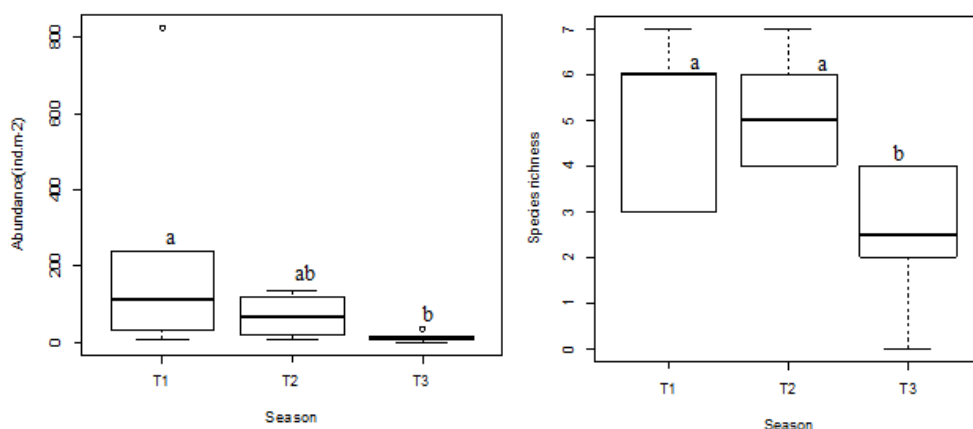


Figure 2 Summary of Tukey's HSD tested the significant of abundance and species richness at each season

การแพร่กระจายของแมลงน้ำและปัจจัยที่เกี่ยวข้องแต่ละพื้นที่และช่วงเวลา

ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีแต่ละฤดูกาลในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน พบว่า อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.13 ± 0.45 °C ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 ± 0.07 ms/cm ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.40 ± 0.30 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำ และค่าความกระด้างของน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ± 1.12 33.88 ± 4.12 และ 29.06 ± 3.39 mg/L ตามลำดับ (Table 3)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) เพื่อศึกษาการกระจายตัวของแมลงน้ำต่อค่าคุณภาพน้ำ ความขุ่น ความหลากหลายชนิด และดัชนีความหลากหลายแต่ละพื้นที่และฤดูกาล พบการกระจายตัว

ของแมลงน้ำเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่ 1 เป็นแมลงน้ำที่แพร่กระจายช่วงฤดูหนาวในสถานที่ 1 (Nov 56_S1) ได้แก่ ตัวน้ำ (DYSP) แมลงดาเล็ก (BESP) จิงโจ้น้ำ (GESP) และตัวอ่อนแมลงปอเข็ม (ARSP) โดยมีลักษณะการแพร่กระจายไปในทิศทางเดียวกับความขรุขระ (Abun) ในขณะที่กลุ่มที่ 2 เป็นแมลงน้ำที่มีการแพร่กระจายในช่วงฤดูร้อนในสถานที่ 5 (Apr 57_S5) ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (LISP) ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (HASP) มวนน้ำหางยาว (RASP) และตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (EPSP) โดยมีลักษณะการแพร่กระจายสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับความหลากหลายชนิด (Sr) ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H index) อุณหภูมิของน้ำ (Tem) และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (Figure 3)

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักในการศึกษาครั้งนี้พบการกระจายตัวของแมลงน้ำเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ได้แก่ ตัวน้ำ แมลงดาเล็ก จิงโจ้น้ำ และตัวอ่อนแมลงปอเข็ม (ARSP) พบในสถานที่ 1 ที่มีสภาพพื้นที่เป็นบริเวณท้ายน้ำใกล้ทางระบายน้ำออกจากเขื่อน ซึ่งบริเวณนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำค่อนข้างคงที่ มีพื้นน้ำขึ้นปกคลุมทั้งในน้ำและชายน้ำมีสภาพเหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำ สอดคล้องกับผลของการศึกษาครั้งนี้โดยกลุ่มที่ 1 มีความสัมพันธ์กับความขรุขระที่สามารถพบแมลงน้ำได้มากในบริเวณนี้ ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (LISP) ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (HASP) มวนน้ำหางยาว และตัวอ่อนแมลงชีปะขาว พบการแพร่กระจายในบริเวณสถานที่ 5 ที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำรองรับน้ำที่ไหลเข้าเขื่อน ระดับน้ำจะเปลี่ยนแปลงเร็ว ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถพบแมลงน้ำได้ 4 วงศ์ อาจเนื่องมาจากบริเวณนี้มีการไหลช้าของน้ำในเขื่อนมีการพัดพาและสะสมปริมาณของสารอาหารได้ดี (Slavevska-Stamenkovic *et al.*, 2009) โดยแมลงน้ำที่พบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิ และออกซิเจนที่ละลายในน้ำสอดคล้องกับรายงานที่แมลงน้ำมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและอากาศ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณซิลเฟต (Prommi, 2011; Soontornprasit *et al.* 2013) เช่นเดียวกับ Sangpradab *et al.*, (1998) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อชนิดและจำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ ความลึก และความขุ่นของน้ำ และผลการศึกษาครั้งนี้พบตัวอ่อนแมลงชีปะขาวได้ในบริเวณนี้โดยแมลงชีปะขาวสามารถพบได้ในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดี มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูง (Thanee, 2014) แสดงถึงพื้นที่ตอนบนของเขื่อนน้ำอูนมีสภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ไม่มากนัก

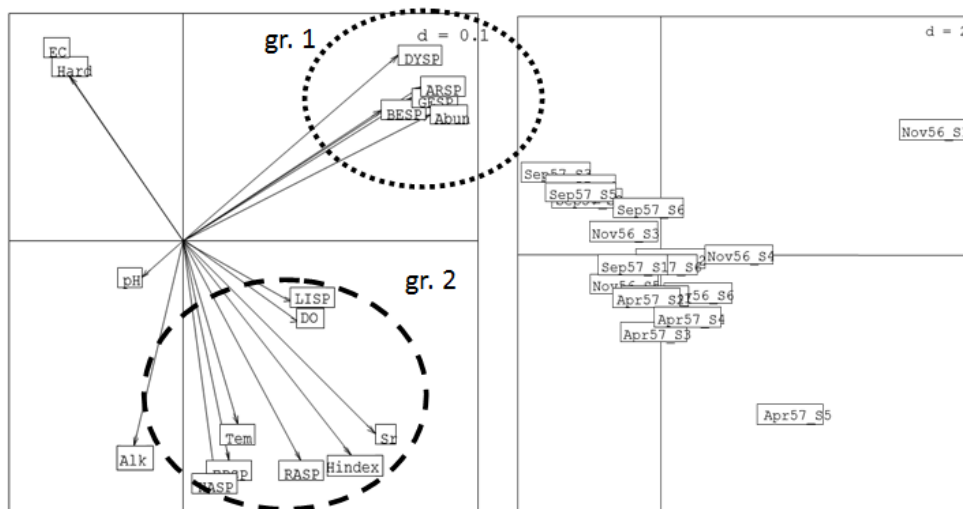


Figure 3 PCA showing distribution between Aquatic insect, water quality, diversity index (A) and spatial and temporal (B), Abbreviations of taxonomic are shown in Table 1

Table 3 Physico-chemical values (DO, Temperature, Alkalinity, Hardness, EC, pH) during November 2013 to September 2014

Season	DO (mg/L)	Temperature (°C)	Alkalinity (mg/L)	Hardness (mg/L)	EC (ms/cm)	pH
Cold	4.67±1.31	31.04±0.14	32.89±4.44	26.33±1.61	0.97±0.05	7.20±0.11
Hot	4.76±1.73	31.53±0.46	41.20±2.29	26.09±2.63	0.94±0.03	7.63±0.36
Rainy	3.08±0.33	33.84±0.76	27.55±5.64	34.77±5.92	0.77±0.13	7.37±0.42
Average	4.17±1.12	32.13±0.45	33.88±4.12	29.06±3.39	0.89±0.07	7.40±0.30

4. สรุป

ความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร พบแมลงน้ำ 4 อันดับ 8 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Dytiscidae Baetiscidae Belostomatidae Hydrometridae Nepidae Coenagrionidae Gomphidae และ Libellulidae โดยวงศ์ที่มีร้อยละของการพบสูงสุด 3 วงศ์ ในการสำรวจครั้งนี้ คือ ตัวอ่อนแมลงปอเข้แมงวง Coenagrionidae ตัวอ่อนแมลงปอบ้านวงศ์ Gomphidae และตัวอ่อนแมงปอบ้านวงศ์ Libellulidae พบร้อยละ 22.08 16.88 และ 16.88 ตามลำดับ โดยวงศ์ที่มีร้อยละของการพบต่ำที่สุดในการสำรวจครั้งนี้ คือ ตัวอ่อนแมลงชีปะขาววงศ์ Baetiscidae พบร้อยละ 1.30

ความขุ่นของแมลงน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.94 ± 108.01 ตัวต่อตารางเมตร ความหลากหลายชนิดและดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ± 1.53 และ 0.94 ± 0.25 ตามลำดับ โดยความขุ่นและความหลากหลายชนิดของแมลงน้ำในฤดูกาลที่สำรวจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) การกระจายตัวของแมลงน้ำต่อค่าคุณภาพน้ำ ความขุ่น ความหลากหลายชนิด และดัชนีความหลากหลายแต่ละพื้นที่และฤดูกาล พบการกระจายตัวของแมลงน้ำเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่ 1 เป็นแมลงน้ำที่แพร่กระจายช่วงฤดูหนาวในสถานที่ที่ 1 ได้แก่ ตัวน้ำ (DYSP) แมลงดาเล็ก (BESP) จิ้งจอกน้ำ (GESp) และตัวอ่อนแมลงปอเข้ (ARSP) โดยมีลักษณะการแพร่กระจายไปในทิศทางเดียวกับความขุ่น และกลุ่มที่ 2 เป็นแมลงน้ำที่มีการแพร่กระจายในช่วงฤดูร้อนในสถานที่ที่ 5 ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (LISP) ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (HASP) มวนน้ำหางยาว (RASP) และตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (EPSP) โดยมีลักษณะการแพร่กระจายสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับความหลากหลายชนิด ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ อุณหภูมิของน้ำ และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สามารถเอาไปใช้ประโยชน์พื้นฐานเพื่อบ่งบอกคุณภาพของแหล่งน้ำได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2557

6. เอกสารอ้างอิง

- Abel, P.D. 1989. **Water pollution biology**. Ellis Horwood, Chichester, England.
- APHA. AWWA. WEF. 1998. **Standard Method for the Examination for Water and Wastewater**. 20th ed. Washington, DC. American Public Health Association.
- Chaisri, K., Kunpradid, T., Peerapornpisal, Y. and Phalaraksh, C. 2009. **Distribution of Aquatic Insects in Lao River, Chiang Rai Province**. Journal of Fisheries Technology Research. 3(1): 161-172. (in Thai)

- Clarke, K.R. and Warwick. R.M. 1994. **Change in Marine Communities; an approach to statistical analysis and interpretation**. Plymouth, Plymouth Marine Laboratory.
- Dudgeon, D. 1999. **Tropical Asian stream: Zoobenthods, Ecology and conservation**. Hong Kong University Press. Hong Kong.
- McCafferty, W.P. and Provonsha, A.V. 1981. **Aquatics entomology**. Boston. Jones and Bartlett Publishers Inc. Boston.
- Meteorological Department. 2020. **Climate of Thailand**. [online]. <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53>. Accessed 15 May 2020.
- Minewang, N., Phayakkha, A. and Prommi, T. 2012. **An application of aquatic insects as bioindicators of water quality in Mae Tao creek, Mae Sot District, Tak Province**. SDU Res. J. 5(2): 113-123. (in Thai)
- Ngamsnae, P. 2011. **Monitoring and bio-indicators for assessment of freshwater ecosystems**. Department of Fisheries. Faculty of Agriculture. Ubon Ratchathani University. (in Thai)
- Pennak, R. W. 1953. **Fresh Water Invertebrate of The United States**. Library of Congress Catalog Card Number : 52-12522.
- Prommi, T. 2011. **Biodiversity and community structure of aquatic insects in permanent freshwater**. Veridian E-Journal SU. 4: 917-930. (in Thai)
- Rattanaboontha, J. and Sangpradub, N. 2010. **Species diversity and distribution of Odonate larvae in Pong River**. KKU Res J. (Graduate Studies) 10 (3): 1-6. (in Thai)
- R Development Core Team. 2009. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Richards, C., Host, G.H. and Arthur, A.W. 1993. **Identification of Predominant Environmental Factors Structuring Stream Macroinvertebrate Communities Within a Large Agricultural Catchment**. Freshwater Biology. 29: 285-294.
- Sangpradub, N. 2005. **Document for teaching 311780 aquatic insects**. Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University. (in Thai)
- Sangpradub, N., Inmoung, Y. Hanjavanit, C. and Inmoung, U. 1998. **A Correlation study between freshwater benthic macroinvertebrate fauna and environmental quality factor in Nam Pong basin Thailand part III**. A research report to the Thailand research fund. (in Thai)
- Sangpradub, N. and Boonsoong, B. 2006. **Identification of Freshwater Invertebrate of the Mekong River and its Tributaries**. Mekong River Commission, Vientiane.
- Slavevska-Stamenkovic, V., Stafilov, T., Smiljkov, S., Paunovic, M. and Hristovski, S. 2009. **Quality of water of Mantovo reservoir (Republic of Macedonia)**. Arch.Biol. Sci., Belgrade. 61(3): 501-512.
- Soontornprasit, K. 2012. **Use of Aquatic Insects as Bioindicators of Water quality in Kwan Phayao, Phayao Province**. Journal of Community Development Research. 5: 15-24. (in Thai)
- Soontornprasit, K. Valunpion, S. and Pithakpol, S. 2013. **Biodiversity of aquatic insect in Ing river**. Khon Kaen Agr. J. 41 (Suppl1): 142-148. (in Thai)

- Thanee, I. 2014. **Use of Benthic Macroinvertebrates for Biological Monitoring**. SDU Res. J. 7: 125-138. (in Thai)
- Yule, C. M. and Sen, Y. M. 2004. **Freshwater invertebrates of the Malaysian region**. Aura productions Sdn. Bhd. Selangor, Malaysia.

(Received: 18/Dec/2019, Revised: 16/Dec/2020, Accepted: 21/Dec/2020)

ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับห้องปฏิบัติการ Engine Performance Testing in Diesel Engine for Laboratory

อัคฆพงศ์ สถาวรินทุ* และ ไกรสร รวยป้อม

Akkapong Sathavarinthu* and Krisorn Ruaypom

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
Department of Mechanical Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University Tawan-ok

*E mail: akkapong_sat@outlook.com, akkapong_sa@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งนำมาตรฐาน ESC Test Cycle มาดัดแปลงเป็นมาตรฐานการทดสอบ โดยเครื่องยนต์ที่ใช้คือ เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวทำการส่งผ่านกำลังผ่านพูลเลย์จากเครื่องยนต์ไปยังเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับโหลดไฟเป็นภาระโหลดในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,200 ถึง 2,250 รอบต่อนาที ที่ค่าภาระโหลด 500 ถึง 4,500 วัตต์ จากผลการทดสอบ พบว่า มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำสุดที่ 344.56 กรัม/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงสุดที่ 24.58 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 2,100 รอบต่อนาที ภาระโหลด 4,000 วัตต์ และที่ภาระโหลดสูงสุดมีค่ากำลังเบรคสูงสุดที่ได้จากการทดสอบคือ 4,500 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 2,250 รอบต่อนาที โดยมีค่าต่ำกว่าค่ากำลังสูงสุดที่ระบุเป็นค่ามาตรฐานของเครื่องยนต์ (5,200 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที) เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบนั้นเคยผ่านการใช้งานมาแล้วทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ เกิดการเสื่อมสภาพ จึงทำให้ค่ากำลังเบรคที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยที่ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับห้องปฏิบัติการที่สร้างขึ้นทำให้ได้ข้อมูลการทดสอบที่สภาวะภาระบางส่วน เพื่อนำมาหาค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ได้

คำสำคัญ : เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ชุดทดสอบเครื่องยนต์ ห้องปฏิบัติการ

Abstract

This research was aimed to design and build diesel engine testing. ESC Test Cycle was modified to be a testing standard. A single cylinder diesel engine which power was transmitted through the electricity generator using the belt and pulley was used for the experiment. The engine was tested and measured the rate of fuel consumption at the engine speed of 1,200 to 2,250 rpm and loading of 500 to 4,500 Watts. The results showed that the lowest brake specific fuel consumption was 344.56 g/kW.h and the highest fuel energy conversion efficiency was 24.58 percentages at the engine speed of 2,100 rpm and loading of 4,000 Watts. However, the engine's power was maximized at 4,500 Watts with the engine speed of 2,250 rpm but lower than the engine's standard (5,200 Watts at the engine speed of 2,200 rpm), due to the engine has been used and the engine's parts were deteriorated. This factor caused that the brake power was lower than the engine's standard. However, this engine performance testing in diesel engine for laboratory gave the useful data for testing and determining the engine performance.

Keywords : Compression Ignition Engine, Engine Testing, Laboratory

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวัดสมรรถนะที่นำไปสู่การหาค่าอัตราสิ้นเปลืองจำเพาะ ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก สำหรับในปัจจุบันชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้สำหรับการเรียนรู้ในด้านของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซล จัดเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นต้นกำลังมากที่สุดในโลก อีกทั้งยังเป็นเครื่องต้นกำลังหลักที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตรและถูกนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย อาทิเช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องพ่นสารเคมี รถไถเดินตาม รถบรรทุกผลิตผลทางการเกษตร เป็นต้น เนื่องจากมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงและให้แรงบิดที่เหมาะสม อีกทั้งยังมีราคาเชื้อเพลิงที่ต่ำและยังประหยัดเชื้อเพลิงมากกว่าเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ หรือที่เรียกกันว่า เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งในการศึกษาและพัฒนาเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะต้องมีการทดสอบขั้นพื้นฐานเพื่อหาค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ ซึ่งการวัดค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยทั่วไปจะสามารถวัดได้จากการทดสอบบนแท่นวัดกำลังของเครื่องยนต์หรือที่เรียกกันว่า ไดนาโมมิเตอร์ โดยอาศัยหลักการวัดความเร็วรอบและแรงบิดที่ใช้ต้านทานการหมุนของเครื่องยนต์ทั้งทางตรงและทางอ้อมเพื่อนำมาประเมินหาค่ากำลังของเครื่องยนต์รวมกับการวัดปริมาณอื่น ๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ แต่เนื่องด้วยไดนาโมมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาค่อนข้างสูงสำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ดังนั้นจึงต้องทำการสร้างชุดทดสอบสมรรถนะสำหรับห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการวัดค่าข้อมูลตัวแปรการทำงานต่าง ๆ เช่น กำลังเบรก ความเร็วรอบ อุณหภูมิและอัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ หลังจากนั้นจึงทำการทดลอง บันทึกผล และวิเคราะห์ผล เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับใช้ในการวิจัยขั้นสูงของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในต่อไปในอนาคต

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดอุปกรณ์ทดสอบราคาประหยัดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล โดยวิธีการวัดค่าข้อมูลตัวแปรการทำงานต่าง ๆ เช่น กำลัง ความเร็วรอบ อุณหภูมิและอัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างชุดอุปกรณ์ทดสอบราคาประหยัดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 การทดสอบเครื่องยนต์

การทดสอบเครื่องยนต์สันดาปภายใน ปกติแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) การทดสอบปกติ การทดสอบนี้ กระทำเพื่อหาผลหรือข้อมูลเครื่องยนต์
- 2) การทดสอบเครื่องยนต์ใหม่เพื่อดูผลที่เปลี่ยนแปลงจากการออกแบบ การทดสอบแบบนี้ เพื่อจะดูผลจากการออกแบบเครื่องยนต์ใหม่ หรือการปรับปรุงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- 3) การทดสอบเพื่อวิเคราะห์และวิจัย การทดสอบนี้กระทำเพื่อหาตัวเลขข้อมูลที่สลับซับซ้อนที่ได้จากทฤษฎี (Jirakorn and Chookham, 1996)

1.3.2 ทฤษฎีเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (Compression Ignition Engine)

หลักการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด คือ ที่ปลายจังหวะอัด เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ในจังหวะที่ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบนเล็กน้อย โดยเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปนั้นจะมีความดันสูงมากโดยผ่านออร์ฟิสก่อนที่จะผ่านปลายหัวฉีดแล้วแตกเป็นละอองเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ แล้วจะระเหยอย่างรวดเร็วและผสมกับอากาศที่มีอุณหภูมิและความดันที่สูงภายในกระบอกสูบ หลังจากนั้นก็จะเกิดการจุดระเบิดเองของเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศซึ่งอยู่ในอัตราส่วนที่สามารถติดไฟได้ เมื่อการเผาไหม้เริ่มขึ้น ความดันและอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ก็สูงขึ้นซึ่งจะช่วยให้เชื้อเพลิงในส่วนที่เหลือระเหยและผสมกับอากาศได้เร็วมากขึ้น ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่เร็วและรุนแรงต่อเนื่องจนกระทั่ง

เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ถูกเผาไหม้จนหมด (Heywood, 1998)

1.3.3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้กำหนดสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Heywood, 1998)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ได้แก่ กำลังเบรก แรงบิดเบรก และ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Brake Power, P_b) คือ กำลังเบรกที่ได้จากการวัดด้วยไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมาเป็นกำลังเบรกของเครื่องยนต์ ดังสมการ

$$P_b = T_b \omega = \frac{2\pi N T_b}{6000} \quad (1)$$

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Fuel Conversion Efficiency, η_{fb}) คือ เปอร์เซ็นต์ของค่ากำลังเบรกกับค่าปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการสันดาปของเครื่องยนต์ ดังสมการ

$$\eta_{fb} = \frac{P_b}{\dot{m}_f Q_{HV}} \quad (2)$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption, bsfc) คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยแรงม้า ดังสมการ

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \quad (3)$$

โดยที่	P_b	=	กำลังเบรก (kW)
	T_b	=	แรงบิดเบรก (N-m)
	N	=	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rev/min)
	Q_{HV}	=	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (MJ/kg)
	$\dot{m}_f$	=	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/s)
	bsfc	=	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (g/kW-hr)
	η_{fb}	=	ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

1.3.4 แผนภูมิสมรรถนะ (Performance Map) ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

ตัวแปรในการทำงานที่สำคัญที่มีผลต่อสมรรถนะ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด คือ ภาวะความเร็วรอบของเครื่องยนต์

สมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ภาระและความเร็วรอบต่าง ๆ จะแสดงเป็นแผนภูมิสมรรถนะ ซึ่งเป็นการแสดงค่า bsfc ที่เท่ากันบนกราฟของ bmep (หรือค่าแรงบิด) กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (หรือความเร็วเฉลี่ยของลูกสูบ) (Heywood, 1998)

2. วิธีการศึกษา

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

เครื่องยนต์ทดสอบเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดชนิดห้องเผาไหม้ช่วย ยี่ห้อ Kubota รุ่น ET 80 โดยแสดงข้อมูลทางเทคนิคในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ทดสอบ (Siam Kubota Industry Co., Ltd., 1998)

เครื่องยนต์	Kubota
รุ่น	ET80
แบบ	เครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบนอน 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
จำนวนลูกสูบ	1
ขนาดกระบอกสูบ	84 mm. (bore)
ช่วงชัก	84 mm. (stroke)
ปริมาตรกระบอกสูบ	465 cc.
กำลังเครื่องยนต์สูงสุด	5.22 kW / 2,200 rpm
แรงบิดสูงสุด	2.7 kg-m / 1,800 rpm
ระบบห้องเผาไหม้	แบบห้องเผาไหม้ช่วย
อัตราส่วนกำลังอัด	22.7 : 1
หัวฉีด	แบบเข็มปลายบาน (NP-DP 15 SD NK 1)
ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง	ประเภท : Bosch
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำแบบรังผึ้งระบายความร้อนแบบ Natural Convection

2.1.2 เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า (Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงานเป็นแบบกระแสสลับ (A.C. Synchronous Generators) เป็นชนิด stationary armature (สร้างกระแสไฟฟ้าโดยให้สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดทองแดง) อุปกรณ์สร้างภาระให้เครื่องยนต์

2.1.3 อุปกรณ์วัด

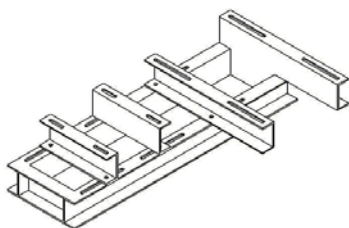
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิเป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K (Chromel-Alumel, CA) ซึ่งจะวัดอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น, น้ำหล่อเย็น, ไอติและไอเสีย การวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ใช้อุปกรณ์วัดความเร็วรอบแบบสัมผัส การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการทดสอบสมรรถนะใช้เครื่องชั่งน้ำหนักความสามารถในการรับน้ำหนัก 30 กิโลกรัม ความละเอียดในการวัด 2 กรัม และทำการจับเวลาน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ลดลงของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบและนำมาคำนวณเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในส่วนของการวัดอัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์จะวัดด้วยออริฟิสที่ติดอยู่กับถังพักอากาศ (British Standard, 1992) โดยต่อเข้ากับมาโนมิเตอร์แบบเอียง (Keerativutisest, 1994) เพื่อใช้อ่านค่า

2.2 รายละเอียดวิธีการศึกษา

2.2.1 วิธีการสร้างชุดแท่นทดสอบ

1. ศึกษาและออกแบบชุดแท่นทดสอบ โดยการกำหนดขนาดรูน็อตของแท่นทดสอบ ทำรูสล๊อตเพื่อสไลด์ระยะห่างระหว่างตัวเครื่องและตัวเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า เพื่อสะดวกในการปรับตั้งพลุ่และสายพาน เพื่อติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเข้าด้วยกัน ดังแสดงในภาพที่ 1

2. สร้างชุดแท่นทดสอบและติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเข้าด้วยกัน ดังแสดงในภาพที่ 2



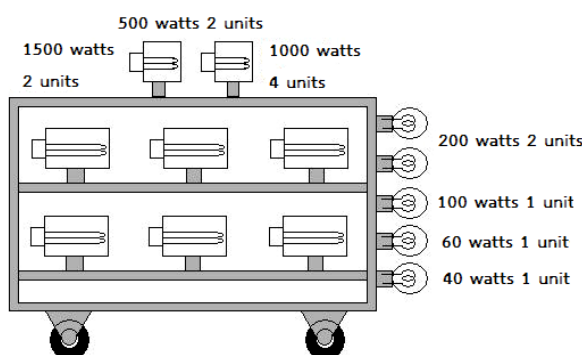
ภาพที่ 1 ชุดแท่นทดสอบ



ภาพที่ 2 เครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า

2.2.2 วิธีการสร้างชุดภาระกำลังให้กับเครื่องยนต์

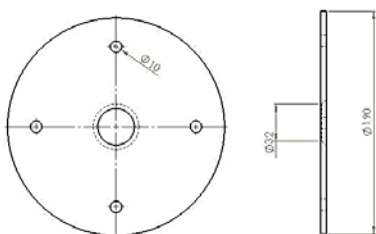
1. ศึกษาข้อมูลและทำการคำนวณหาภาระกำลังให้กับเครื่องยนต์โดยการคำนวณจากการนำค่าแรงม้าสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ
2. ออกแบบชุดภาระกำลังให้กับเครื่องยนต์ โดยใช้หลอดไฟต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า โดยหลอดไฟที่ใช้เป็นภาระของเครื่องยนต์นั้นแบ่งออกเป็นสองชุดคือ หลอดไฟฮาโลเจนและหลอดไฟแบบไส้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ออกแบบชุดภาระกำลังให้กับเครื่องยนต์

2.2.3 วิธีสร้างชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ

1. ศึกษาและหาข้อมูลชุดวัดอัตราการไหลของอากาศด้วยออริฟิส
2. ออกแบบชุดวัดอัตราการไหลของอากาศด้วยออริฟิส ซึ่งแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) นั้นจะติดตั้งอยู่บริเวณถังพักอากาศ (Air Box) และสามารถวัดค่าความดันตกคร่อมแผ่นออริฟิส โดยใช้மானอมิเตอร์แบบเอียง (Inclined Manometer) เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ
3. ออกแบบชุดมานอมิเตอร์แบบเอียง (Inclined Manometer) เพื่อวัดความดันตกคร่อมแผ่นออริฟิส เนื่องจากแผ่นออริฟิสเป็นความดันตกคร่อมที่ต่ำมากจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์วัดที่มีความละเอียดสูงจึงได้ทำการออกแบบมานอมิเตอร์แบบเอียงขึ้น
4. สร้างชุดวัดอัตราการไหลของอากาศและชุดมานอมิเตอร์แบบเอียง ดังแสดงในภาพที่ 5-8



ภาพที่ 5 แบบแผ่นออริฟิส



ภาพที่ 6 ด้านข้างของถังพักอากาศ



ภาพที่ 7 ด้านหน้าของถังพักอากาศ



ภาพที่ 8 ชุดमानอมิเตอร์วัดความดันตกคร่อม

2.2.4 พลุและสายพาน

1. ศึกษาหาข้อมูลและคำนวณหาขนาดของพลุและสายพานที่ใช้ในการทำการทดลอง
2. ในการทำการติดตั้งพลุและสายพานต่อหนึ่งรอบจะใช้พลุและสายพานทั้งหมดสองตัว ตัวหนึ่งติดตั้งที่ล้อช่วยแรงของเครื่องยนต์ อีกตัวหนึ่งติดตั้งที่ปลายเพลลาของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า แล้วใช้สายพานเป็นตัวส่งถ่ายกำลังระหว่างพลุและสายพานทั้งสอง และเนื่องจากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ที่ 1,500 รอบต่อนาที รวมถึงได้ดัดแปลงวิธีการทดสอบของมาตรฐาน ESC Test Cycle (DieselNet, 2000) แต่ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์นั้นจะใช้ความเร็วรอบที่ 1,200, 1,350, 1,500, 1,800, 2,000 และ 2,100 รอบต่อนาที ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนอัตราทดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า
3. ทำการติดตั้งพลุและสายพานตามรอบที่จะทำการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2

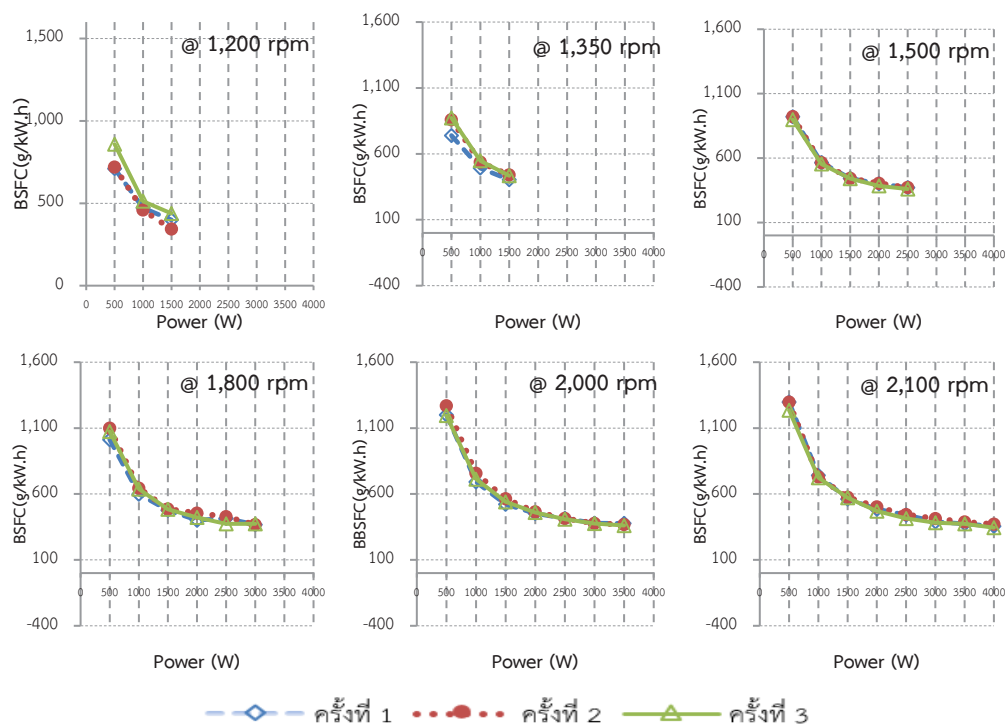
ตารางที่ 2 ข้อมูลของขนาดพลุและสายพานที่ใช้ในการทดลอง

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพลุ (นิ้ว)	
Engine	Generator	Engine	Generator
1,200	1,500	5	4
1,350	1,500	5	4.5
1,500	1,500	4.5	4.5
1,800	1,500	5	6
2,000	1,500	4.5	6
2,100	1,500	5	7

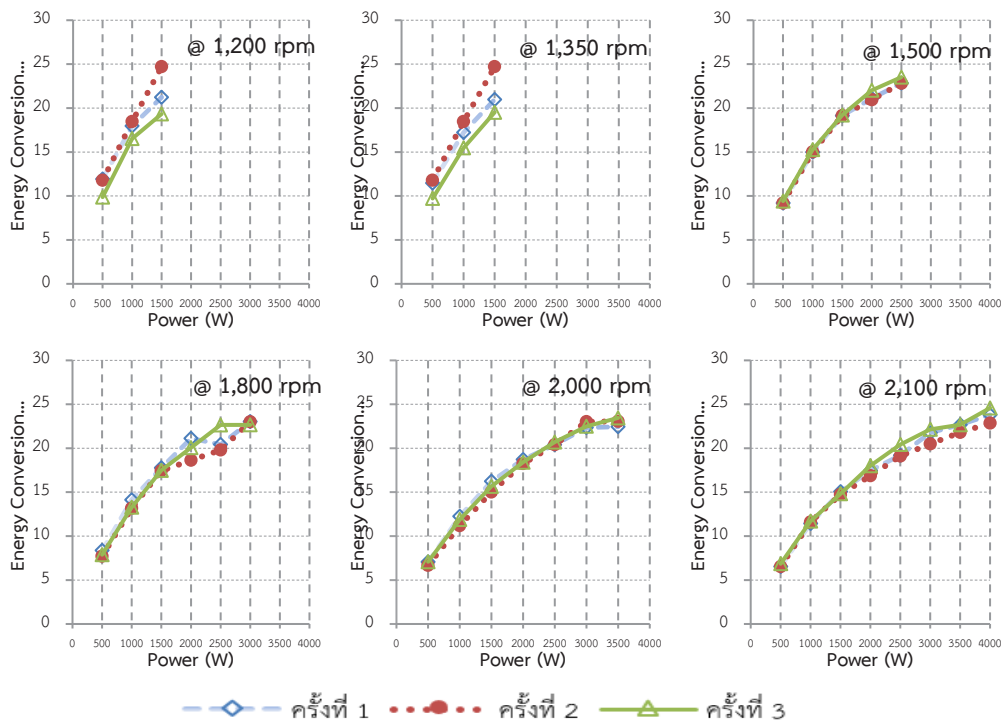
3. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำสุดเมื่อใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบ 2,100 รอบต่อนาที ที่ภาระโหลด 4,000 วัตต์ โดยมีค่าประมาณ 356.04 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง 370.69 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 344.56 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อพิจารณาโดยรวมที่ความเร็วรอบที่คงที่ พบว่า ถ้าภาระโหลดเพิ่มขึ้นจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำลง เนื่องมาจากที่ความเร็วรอบที่คงที่แรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์จะมีค่าคงที่ และเนื่องจากที่แรงบิดเบรกดต่ำแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีผลกระทบค่อนข้างมาก ดังนั้นเมื่อมีภาระโหลดเพิ่มขึ้นผลกระทบจากแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีค่าลดลง เป็นผลให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดต่ำลง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดยังมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบเมื่อพิจารณาที่ภาระโหลดที่คงที่ กล่าวคืออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดจะสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงขึ้นจะมีแรงเสียดทานในเครื่องยนต์สูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการฉีดเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่มากขึ้นเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานนั้น ทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกดสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 9

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบที่คงที่ ถ้าแรงบิดเบรกเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงขึ้นด้วย เนื่องมาจากที่ความเร็วรอบคงที่แรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์จะมีค่าคงที่ และเนื่องจากที่แรงบิดเบรกต่ำแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีผลกระทบค่อนข้างมาก ดังนั้นเมื่อแรงบิดเบรกเพิ่มขึ้นผลกระทบจากแรงเสียดทานในเครื่องยนต์จะมีค่าลดลง เป็นผลให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงสูงขึ้น เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะลดลงตามไปด้วย อันเนื่องมาจากภาระโหลดที่คงที่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ก็จะทำให้เครื่องยนต์เกิดแรงเสียดทานมากขึ้นกว่าเดิมและหัวฉีดก็ทำการฉีดจ่ายเชื้อเพลิงมากขึ้นกว่าเดิมในขณะที่เครื่องยนต์สร้างภาระโหลดออกมาเท่าเดิม ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9 ผลการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก
กับภาระโหลดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่



ภาพที่ 10 ผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง
กับภาระโหลดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่

4. สรุป

จากการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ทดสอบราคาประหยัดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 12 กิโลวัตต์ เป็นชุดสร้างภาระให้กับเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซล คูโบต้า รุ่น อีที 80 ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,200, 1,350, 1,500, 1,800, 2,000 และ 2,100 รอบต่อนาที ที่ค่าภาระโหลด 500, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500, 3,000, 3,500, 4,000 และ 4,500 วัตต์ พบว่า ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกเมื่อความเร็วรอบคงที่และภาระโหลดเพิ่มขึ้นค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มต่ำลง แต่เมื่อพิจารณาที่ภาระโหลดคงที่และความเร็วรอบเพิ่มขึ้นค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ในส่วนของค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงเมื่อความเร็วรอบคงที่และภาระโหลดเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่ภาระโหลดคงที่และความเร็วรอบเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานเชื้อเพลิงจะต่ำลง

ซึ่งจากผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนและการวิจัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับการหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมถึงการเลือกใช้เชื้อเพลิงทางสำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ในสาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำวิจัยวิศวกรรมและเทคโนโลยี (วิศวกรรมเครื่องกล)

6. เอกสารอ้างอิง

- British Standard. 1992. BS 1042. **Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits**. Section 1.1, Specification for Square-edged Orifice plates, Nozzles and Venturi Tubes inserted in Circular cross-section; Conduits running full. 2nd ed. BSI standard.
- DieselNet. 2000. **European Stationary Cycle(ESC)**. <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/esc.html>. Access 24 Mar. 2008.
- Heywood, J. B. 1998. **Internal Combustion Engine Fundamentals**. Singapore: McGraw-Hill.
- Siam Kubota Industry Co., Ltd. 1998. **ET Model Kubota Diesel Engine Workshop Manual**. 1st ed. (in Thai)
- Keerativutisest, S. 1994. **Principles and applications of industrial measuring instruments**. TPA Publishing. (in Thai)
- Jirakorn U. and C. Chookham. 1996. **Internal Combustion Engine**. SE-EDUCATION Pub Co., Ltd. (in Thai)

(Received: 26/Sep/2019, Revised: 15/Dec/2020, Accepted: 20/Dec/2020)

การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเครื่องปั้นดินเผาเพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิต และวัสดุสำหรับการสร้างปะการังเทียม

The Integration of Local Wisdoms on the Pottery for the Development of Production Methods and Materials in Making Artificial Reefs

ยิ่งยง รุ่งฟ้า^{1*}, พรชัย อัจฉริยเมธากร¹, มธุรส ชาวไร่ปราง¹, วุฒิชัย ยังสว่าง¹
และ ธัญญพัทธ์ วัฒนจิรพันธุ์²

Yingyong Rungfah^{1*}, Pornchai Utchariyamedhakorn¹, Maturase Chaorairan¹
Wuttichai Youngswaing¹ and Thunyaphat Vattanairapun²

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ² คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Faculty of Engineering and Architecture, ² Faculty of Humanities and Social Sciences

Rajamangala University of Technology Tawan-ok

*E-mail: yingyong_vw1962@hotmail.com โทร. 0814984766

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเครื่องปั้นดินเผาเพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตและวัสดุสำหรับการสร้างปะการังเทียม เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเครื่องปั้นดินเผาเพื่อนำมาออกแบบปะการังเทียมที่ทำหน้าที่เป็นที่ยึดอาศัยของสัตว์น้ำขนาดเล็กในทะเล และนำปะการังเทียมที่สร้างขึ้นไปประเมินประสิทธิภาพ ขอบเขตของการศึกษาทำการศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านอาชีพเครื่องปั้นดินเผา กรรมวิธีการผลิตเครื่องปั้นดินเผา วัสดุเครื่องปั้นดินเผาที่นำมาผลิตปะการังเทียม ตลอดจนการศึกษารูปแบบปะการังเทียมที่มีอยู่ในประเทศและต่างประเทศ การเก็บรวบรวมข้อมูลทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจรูปแบบ ลักษณะทางกายภาพของปะการังธรรมชาติบริเวณทะเลชายฝั่งตะวันออก ตลอดจนเก็บรวบรวมข้อมูลจากปะการังเทียมที่มีการทดลองใช้จริงในประเทศไทยและต่างประเทศ ผลการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กรอบแนวคิดซึ่งสามารถสรุปผลการออกแบบปะการังเทียมโดยมีประเด็นของการออกแบบดังนี้ ทางด้านรูปทรงปะการังเทียมเป็นรูปครึ่งวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มิลลิเมตรหนา 100 มิลลิเมตร สูง 400 มิลลิเมตร ด้านบนและด้านข้างเจาะช่องเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยประมาณ 160 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถไหลเข้าออกได้สะดวก ให้ปลาสามารถเข้ามาอยู่อาศัยภายในช่องว่างของปะการังเทียมได้ และยังสามารถเป็นที่หลบภัยของปลาขนาดเล็กตลอดจนสามารถเป็นที่ยึดอาศัยของสิ่งมีชีวิตได้ ส่วนวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างปะการังเทียมคือวัสดุเครื่องปั้นดินเผา ผลการศึกษาพบว่า การใช้เครื่องปั้นดินเผาสามารถนำมาใช้ในการทำปะการังเทียมได้ อีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในส่วนผลการประเมินประสิทธิภาพปะการังเทียมโดยนำปะการังเทียมที่สร้างขึ้นมาทำการทดลองบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตำบลบางพระ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี โดยร่วมกับชาวประมงพื้นบ้านโดยใช้ความลึกในการวางปะการังเทียมจากผิวน้ำทะเล 15 เมตร โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 1 เดือน ตลอดทั้งปี พบว่าสัตว์น้ำขนาดเล็กเข้าไปอยู่อาศัยและมีการก่อตัวของอินทรีย์ เปรียงทะเลบริเวณปะการังเทียม มีปริมาณสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่นำปะการังไปวางเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปะการังเทียมยังเป็นแหล่งที่ยึดอาศัยของสัตว์ทะเลทุกชนิดโดยเฉพาะเป็นที่หลบภัยแก่สัตว์เล็ก ๆ ในทะเล

คำสำคัญ : การบูรณาการ ภูมิปัญญาท้องถิ่น เครื่องปั้นดินเผา ปะการังเทียม

Abstract

The research titled “The Integration of Local Wisdoms on the Pottery for the Development of Production Methods and Materials in Making Artificial Reefs” is an experimental research, the

objective of this research is to study and analyze the integration of local wisdoms on the pottery into the design of artificial reefs as the habitat for small aquatic animals in the sea, and then evaluate the effectiveness of those artificial reefs. The scope of this research is the study on local wisdoms on pottery, pottery production process, pottery materials used to make artificial reefs and the attributes of artificial reefs located in the country and abroad. The data is collected from the surveys on the attributes and physical characteristics of natural reefs in the eastern coast of the sea and from the actual experimental data on artificial reefs in Thailand and overseas. The research results can be divided as follows: the study result from relevant documents and researches, conceptual framework showed the summary of artificial reef design with following design points: the shape of artificial reefs is semicircle with 800 Millimeter in diameter, 100 Millimeter in thickness and 400 Millimeter in height, the top and sides are drilled into a circle with a diameter of approximately 160 Millimeter for easy flowing in and out of water, allowing fishes to live within the spaces of artificial reefs and being a shelter for small fishes and a habitat for organisms. Based on the result of study of pottery materials, it was found that the pottery can be used to make artificial reefs and it is also environmentally friendly. In terms of the evaluation on the effectiveness of artificial reefs by experimenting artificial reefs to be placed in the area of the Gulf of Thailand, Bang Phra Sub-district, Si Racha District, Chonburi Province, under the collaboration with local fishermen, the artificial reefs were placed 15-meter depth from the surface of water and the data was collected every 1 month for 1 year, it was found that small aquatic animals have lived in them and the organism of sea barnacles has been formed in the area of artificial reefs with the increase of aquatic animals living in the area where those artificial reef were placed. In addition, it was also found that the artificial reefs were the habitat source for all types of aquatic animals, especially, as the safe shelter for small animals in the sea.

Keywords : Integration, Local wisdom, Pottery, Artificial reef

1. บทนำ

ภูมิปัญญาคือ พื้นฐานความรู้ความสามารถ ความคิด ความเชื่อ ความสามารถทางพฤติกรรม ความสามารถในการแก้ไขปัญหา โดยใช้ประสบการณ์ที่สั่งสมไว้ในกรปรับตัว และดำรงชีพในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และวัฒนธรรมที่ได้มีการพัฒนาสืบสานกันมา อันเป็นผลของการใช้สติปัญญาปรับตัวให้เข้ากับสภาพต่าง ๆ ในพื้นที่ที่กลุ่มชนเหล่านั้นตั้งถิ่นฐานอยู่ รวมทั้งได้มีการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมกับกลุ่มอื่น ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีมากมายหลายแขนง แต่มักจะถูกมองว่าล้าหลังคนบางกลุ่มจึงไม่ค่อยให้ความนิยมและสืบสานกันมากนัก ส่วนใหญ่แล้วภูมิปัญญาท้องถิ่นมักสืบทอดบอกกล่าวกันเป็นการภายใน เช่น สูตรทำอาหาร หรือตำรับตำราต่าง ๆ ทำให้ไม่เป็นที่รับรู้กันโดยทั่วไป ถ้ากล่าวถึงภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวกับการประกอบอาชีพ ส่วนใหญ่นั้นจะเป็นอาชีพที่มีความเกี่ยวข้องกับท้องถิ่นที่ตนอาศัยอยู่ เช่น ภูมิปัญญาด้านอาชีพเครื่องจักสาน ท้องถื่นนั้นก็จะมีอุดมสมบูรณ์ไปด้วยไม้ไผ่ ภูมิปัญญาด้านอาชีพทอผ้า ท้องถื่นนั้นก็จะมีต้นหม่อนที่เป็นอาหารหนอนไหมเป็นจำนวนมาก ภูมิปัญญาด้านอาชีพเครื่องปั้นดินเผา ท้องถื่นนั้นก็จะมีดินที่เป็นวัตถุดิบหลักในการใช้ผลิตที่อุดมสมบูรณ์ (Jungtawong, 1992)

เครื่องปั้นดินเผา เป็นภูมิปัญญาด้านอาชีพเก่าแก่ที่สุดอย่างหนึ่งของมนุษย์ที่เหลือหลักฐานให้สืบเสาะลึกไปสู่อดีตได้ยาวนานกว่างานประเภทอื่น (Leesuwan, 1998) เครื่องปั้นดินเผา เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง ที่อยู่คู่กับวิถีชีวิตของมนุษย์ มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน นับตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ มนุษย์ก็เริ่มรู้จักนำดินมาปั้นเป็นรูปร่างต่าง ๆ แล้วนำไปเผาไฟ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่แข็งแรงคงรูป เหมาะกับการนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ มากมาย เช่น หม้อน้ำ แจกัน ถ้วย

ขาม อิฐ เป็นต้น และเมื่อชุมชนใด มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลายาวนาน ก็จะมีการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่นตน ทั้งในด้านคุณภาพ และรูปแบบ จนกลายเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว และสืบทอดต่อกันมาจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง เครื่องปั้นดินเผา จึงเป็นศิลปวัตถุอย่างหนึ่ง ที่สามารถบอกถึง พัฒนาการทางสังคมวัฒนธรรม รวมถึงเทคโนโลยี ของชนแต่ละเชื้อชาติ ได้เป็นอย่างดี โดยเครื่องปั้นดินเผาที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จาก ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านอาชีพเครื่องปั้นดินเผา มีหลากหลายรูปแบบเช่น การขึ้นรูปแบบแป้นหมุน การขึ้นอิสระแบบขด ด้วยมือ การขึ้นรูปแบบใช้พิมพ์หล่อขึ้นอยู่กักรูปแบบของผลิตภัณฑ์ว่าจะเหมาะสมกับการขึ้นรูปในลักษณะใด

ปะการังเทียม เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ อย่างมีแบบแผน เพื่อดัดแปลงสภาพของพื้นที่ท้องทะเล ให้อุดมสมบูรณ์ จากการตรวจสอบเอกสารพบว่าทั่วโลกมีการออกแบบปะการังเทียมหลายร้อยแบบ และใช้วัสดุที่หลากหลาย มากขึ้นอยู่กับสภาพความลึก ลักษณะพื้นดินใต้ทะเลและความแรงของน้ำทะเล โดยประเศญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา มีความก้าวหน้าด้านนี้มาก มีการลงทุนสร้างปะการังเทียมที่สวยงาม ขนาดใหญ่ ซับซ้อน แต่ราคาแพงมาก สำหรับ ประเทศไทยการออกแบบปะการังเทียมที่สัตว์ทะเลชอบเข้ามาพักอาศัย มีความคงทนถาวรและมีราคาถูกจึงเป็นโจทย์ที่มีความสำคัญมากที่สุด และจากการวิจัยของกรมประมง พบว่าปะการังเทียมชนิดแท่งคอนกรีตทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์โปร่ง ขนาด 1.50 X 1.50 X 1.50 เมตร น้ำหนักอันละ 1,060 กก. และคงเหลือน้ำหนักในทะเล 607 กิโลกรัม จัดวางเป็นกลุ่ม ทับซ้อนกัน เป็นปะการังเทียมมาตรฐานที่กรมประมงใช้ในการก่อสร้างปะการังเทียมในทะเลมากที่สุด (Lohakang, 1984)

จากปัญหาน้ำหนักของปะการังคอนกรีต ทำให้การขนส่งและการติดตั้งต้องใช้เรือและเครนขนาดใหญ่ ทำให้ ต้นทุนการสร้างปะการังเทียมสูงมาก ทำให้มีวงจำกัดของผู้ที่ต้องการมีส่วนร่วมทั่วไปจึงเหลือเพียงภาคส่วนราชการและ เจ้าของกิจการขนาดใหญ่ ซึ่งต่างต้องการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์แนวปะการังแต่ไม่สามารถทำได้ ดังนั้นหากนักวิจัย สามารถออกแบบกรรมวิธีการผลิตและวัสดุในการสร้างปะการังเทียมที่มีขนาดเหมาะสมต่อสัตว์ทะเล และมีน้ำหนักเบา พอที่คนจะยกลงเรือเล็กและนำไปทิ้งลงทะเลได้ด้วยตนเองจะเป็นการสร้างอาชีพให้ช่างเครื่องปั้นดินเผา ตลอดจน เพิ่มการมีส่วนร่วมของชาวประมงและประชาชนทั่วไปได้เป็นอย่างดี และนำไปสู่การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางทะเลได้อย่าง ยั่งยืน

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเครื่องปั้นดินเผาเพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตและวัสดุสำหรับการสร้าง ปะการังเทียม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเครื่องปั้นดินเผา เพื่อนำมา ออกแบบปะการังเทียมเพื่อทำหน้าที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำขนาดเล็กในทะเลและนำไปประเมินประสิทธิภาพของ ปะการังเทียมที่มีต่อระบบนิเวศนชายฝั่งทะเล

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านเครื่องปั้นดินเผาเพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตและวัสดุสำหรับการ สร้างปะการังเทียม ได้กำหนดขอบเขตของโครงการวิจัยดังต่อไปนี้

1.2.1 ขอบเขตการศึกษาเนื้อหาโดยศึกษาลักษณะภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านอาชีพเครื่องปั้นดินเผา กรรมวิธี การผลิต ประเภทของเนื้อดินที่ใช้ และปะการังตามธรรมชาติ ปะการังที่ถูกเพาะเลี้ยงขึ้นรวมถึงปะการังเทียมที่มีอยู่ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

1.2.2 ขอบเขตการออกแบบ ปะการังเทียมให้มีน้ำหนักและรูปทรงที่มั่นคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ใน ทะเลโดยคำนึงถึงรูปแบบที่สามารถเป็นที่อยู่อาศัยของปลาทะเลโดยเฉพาะปลาที่มีขนาดเล็กและรูปแบบของปะการังเทียม ออกแบบปะการังเทียมให้สามารถผลิตได้โดยกรรมวิธีการขึ้นรูปโดยใช้ภูมิปัญญาการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

1.2.3 ขอบเขตการทดลอง การทดลองประเภทและรูปทรงของวัสดุที่ได้ทำการสรุปแล้ว ในรูปแบบระบบ นิเวศนทะเลจำลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาความเปลี่ยนแปลงหรือผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศนจำลองและน้ำทะเล โดยการตรวจสอบตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7

(พ.ศ. 2537) นำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ต้นแบบที่สมบูรณ์และนำต้นแบบที่ได้ไปทดสอบกับสภาพระบบนิเวศชายฝั่งทะเลจริง โดยจะวางแผนการรังเทียมบริเวณชายหาดตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้ปะการังเทียมที่สร้างขึ้นจำนวน 254 แท่ง จำนวน 5 แถว เป็นแนวยาว 100 เมตร ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 3 เมตร ห่างจากชายฝั่งประมาณ 400 เมตร แล้วทำการติดตามข้อมูลทุกเดือนเป็นเวลา 1 ปี เพื่อตรวจสอบประเมินผลของปะการังเทียม

1.3 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

- กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยโดยใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) ได้แก่ปลาทะเลที่มีขนาดเล็ก

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับ วัสดุ รูปแบบ วิธีการผลิตขึ้นรูปปะการังเทียมสำหรับผู้เชี่ยวชาญ
- แบบสังเกตความเปลี่ยนแปลงรอบๆบริเวณที่ทำการทดลอง เพื่อทดสอบดูปฏิกิริยาของสัตว์น้ำกับต้นแบบปะการังเทียมในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลจริง

2. วิธีการศึกษา

การฟื้นฟูระบบนิเวศของทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกด้วยปะการังเทียมผลิตจากวัสดุที่มีความเหมาะสม เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีกระบวนการประกอบไปด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลอง การเก็บข้อมูล การสังเกต (Srisatidnarkul, 2007) ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินงาน ดังนี้

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1.1 ข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ด้านภูมิศาสตร์ของทะเลชายฝั่งตะวันออก ปะการังธรรมชาติ ปะการังเทียม มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง วัสดุประเภทที่มีความเหมาะสมกับการใช้งาน

2.1.2 ข้อมูลจากการสำรวจทางกายภาพของปะการังธรรมชาติบริเวณทะเลชายฝั่งตะวันออก ปะการังเทียมที่มีการทดลองใช้จริงในประเทศไทย วัสดุประเภทเครื่องปั้นดินเผาที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในท้องทะเล

2.1.3 เก็บข้อมูลโดยการสังเกตความเปลี่ยนแปลงรอบ ๆ บริเวณที่ทำการทดลอง เพื่อทดสอบดูปฏิกิริยาของสัตว์น้ำกับต้นแบบปะการังเทียมในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลจริง

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.1 ประเภทของวัสดุที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในน้ำทะเล ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทะเล โดยการศึกษาและทดสอบ สรุปรายคุณสมบัติของวัสดุประเภทเครื่องปั้นดินเผาที่มีคุณสมบัติที่ไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำทะเล

2.2.2 รูปแบบของปะการังที่มีความเหมาะสมกับการผลิตปะการังเทียม โดยสรุปข้อมูลจากการศึกษาถึงกายภาพของปะการังธรรมชาติ ให้ความสอดคล้องกับวิธีการขึ้นรูปของวัสดุเครื่องปั้นดินเผาที่เลือกใช้

2.2.3 ประสิทธิภาพของปะการังเทียมจากการทดลองในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลจริง

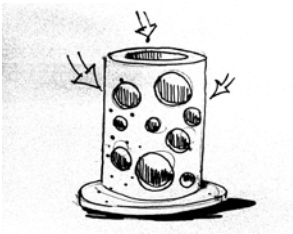
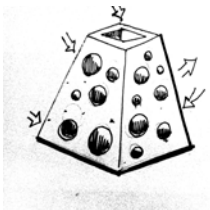
3. ผลการศึกษา

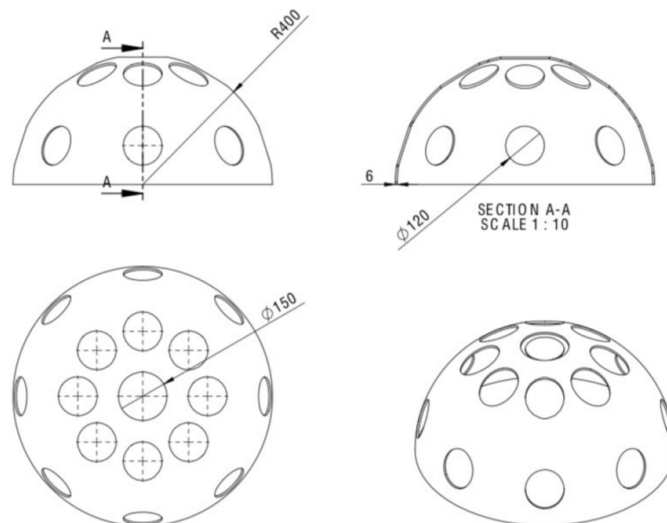
3.1 ผลการออกแบบและสร้างปะการังเทียม

เป็นผลจากการศึกษารูปแบบปะการังเทียมทั้งในประเทศและต่างประเทศโดยศึกษาวิเคราะห์เพื่อนำมาออกแบบและหาความเหมาะสมของรูปแบบปะการังเทียมดังผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่ารูปแบบปะการังเทียมแบบที่ 3 เป็นรูปแบบที่ลักษณะที่เป็นชอกเพื่อใช้เป็นที่พักอาศัยของสิ่งมีชีวิตที่จะเข้ามาอยู่อาศัยได้ มีส่วนฐานที่ความกว้างมั่งคั่งความแข็งแรงสามารถลดการเคลื่อนที่จากแรงคลื่นได้ น้ำได้ดี มีความสะดวกต่อการขนส่งเพื่อการเคลื่อนย้ายสามารถวางซ้อนทับกันได้และสามารถขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนได้ และเมื่อได้ผลการวิเคราะห์รูปแบบปะการังเทียมที่มีรูปแบบที่เป็นรูปครึ่งวงกลมและนำมาเขียนแบบขึ้นผลิตและผลิตเพื่อใช้ในการทดลอง และใช้ในการประเมินหาประสิทธิภาพของปะการังเทียมโดยปะการังเทียม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 800 มิลลิเมตร สูง 400 มิลลิเมตร ที่ลักษณะที่เป็นชอกวงกลม 120 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบปะการังเทียม

รูปแบบปะการังเทียม	วิเคราะห์
1. รูปทรงกระบอก 	ข้อดี - มีส่วนฐานที่ความกว้าง มั่งคั่งแข็งแรงสามารถลดการเคลื่อนที่จากแรงคลื่นได้น้ำได้ดี - สะดวกต่อการขนส่ง การเคลื่อนย้าย สามารถวางซ้อนกันได้ไม่เปลืองพื้นที่ ข้อเสีย - การขึ้นรูปไม่สามารถขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นเดียวได้ - ขนาดของช่องว่างหรือรู มีขนาดกว้าง ทำให้เกิดอันตรายกับสัตว์น้ำขนาดเล็กที่เข้าไปอาศัยอยู่
2. รูปทรงสามเหลี่ยม 	ข้อดี - ส่วนฐานที่ความกว้าง มั่งคั่งความแข็งแรงสามารถลดการเคลื่อนที่จากแรงคลื่นได้น้ำได้ดี - มีลักษณะที่เป็นซอกเพื่อใช้เป็นที่พักหลบภัยของสิ่งมีชีวิตที่จะเข้ามาอยู่อาศัยได้ดี มีขนาดที่เหมาะสมสามารถเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำขนาดเล็กและพืชได้ดี ข้อเสีย - การขึ้นรูปไม่สามารถขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นเดียวได้ - ไม่สามารถวางซ้อนกันได้ทำให้เปลืองพื้นที่เพื่อการขนส่ง
3. รูปทรงครึ่งวงกลม 	ข้อดี - ลักษณะที่เป็นซอกเพื่อใช้เป็นที่พักหลบภัยของสิ่งมีชีวิตที่จะเข้ามาอยู่อาศัย - สะดวกต่อการขนส่งการเคลื่อนย้าย - สามารถขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นเดียวได้ ส่วนฐานที่ความกว้าง มั่งคั่งความแข็งแรงสามารถลดการเคลื่อนที่จากแรงคลื่นได้น้ำได้ดี

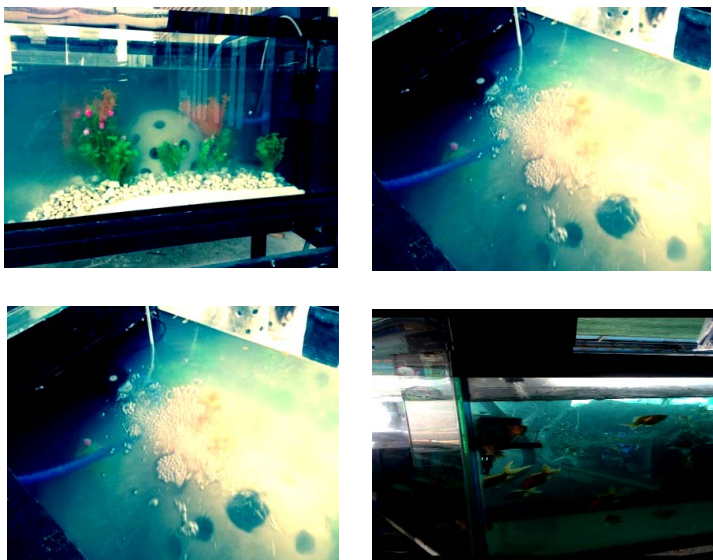


ภาพที่ 1 แบบการผลิตปะการังเทียม

3.2 การทดสอบในสถานะทะเลจำลอง

จากผลการวิเคราะห์รูปแบบของปะการังเทียมดังตารางที่ 1 โดยนำมาสร้างต้นแบบปะการังเทียมโดยใช้ภูมิปัญญาการผลิตเครื่องปั้นดินเผาเพื่อนำไปทดสอบในสถานะทะเลจำลอง (ตู้ปลาทะเล) เพื่อสังเกตพฤติกรรมของสัตว์น้ำที่มีต่อ

ต้นแบบปะการังเทียม โดยมีการจำลองกระแสคลื่นใต้น้ำ และการทดสอบการทรงตัวในพื้นที่ทราย (Rungfah, 2014) พบว่า ปะการังเทียมสามารถเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลขนาดเล็กได้มีการทรงตัวที่ดีที่สามารถทนต่อกระแสคลื่นใต้น้ำได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การทดลองในสภาวะทะเลจำลอง

(ที่มา: Rungfah, 2014)

3.3 การสร้างปะการังเทียม

การสร้างปะการังเทียมเป็นกระบวนการสร้างโดยใช้ภูมิปัญญาการผลิตเครื่องปั้นดินเผาโดยใช้วัสดุดินเหนียวที่ผ่านกระบวนการหมักและนวดมา โดยนำมาขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนโดยช่างปั้นเครื่องปั้นดินเผาซึ่งกรรมวิธีการผลิตขั้นตอนแรกใช้มือบีบดินให้ขึ้นรูปเป็นตามแบบที่ต้องการ ประกอบกับการใช้เกรียงและผ้าชุบน้ำเพื่อทำให้พื้นผิวของปะการังเรียบ จากนั้นนำมาเข้าเตาเผาโดยใช้อุณหภูมิในการเผาประมาณ 800 - 1,000 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการเผาประมาณ 1 วัน จะได้ปะการังเทียมดังภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 5 เป็นกระบวนการสร้างปะการังเทียม



ภาพที่ 3 ดินที่ผ่านกระบวนการหมัก



ภาพที่ 4 กระบวนการขึ้นรูปปะการังเทียม



ภาพที่ 5 การเผาโดยใช้ความร้อนประมาณ 800 - 1,000 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 6 ปะการังที่ออกมาจากเตาเผาโดยนำมาตกแต่งผิวและนำมาตากแดด

3.5 การทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของปะการังเทียมที่มีต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

การวางแผนปะการังเทียมบริเวณชายหาดตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้ปะการังเทียมที่สร้างขึ้นจำนวน 254 แท่ง จำนวน 5 แถว เป็นแนวยาว 100 เมตร ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 3 เมตร ห่างจากชายฝั่งประมาณ 400 เมตร แล้วทำการติดตามข้อมูลทุกเดือนเป็นเวลา 1 ปี เพื่อตรวจสอบประเมินผล ทั้งด้านประสิทธิภาพการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง ระบบนิเวศทางทะเล และทัศนคติของชุมชนและผู้ที่ใช้พื้นที่ดังกล่าวที่ 7



ภาพที่ 7 วางแนวปะการังเทียมบริเวณชายหาดตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

การวางแผนปะการังเทียมเพื่อประเมินประสิทธิภาพของปะการังเทียมที่มีต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยร่วมกับชาวประมงพื้นบ้านร่วมกันวางแผนวางแนวปะการังเทียมบริเวณชายหาดตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้ปะการังเทียมที่สร้างขึ้นจำนวน 254 แท่ง จำนวน 5 แถว เป็นแนวยาว 100 เมตร ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 3 เมตร ห่างจากชายฝั่งประมาณ 400 เมตร (Mathews, 1983) โดยทำการติดตามข้อมูลทุกเดือนเป็นเวลา 1 ปี เพื่อตรวจสอบประเมินผลด้านประสิทธิภาพของปะการังเทียมโดยใช้ความลึกจากผิวน้ำทะเล 15 เมตร ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การทดลองที่บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

4. สรุป

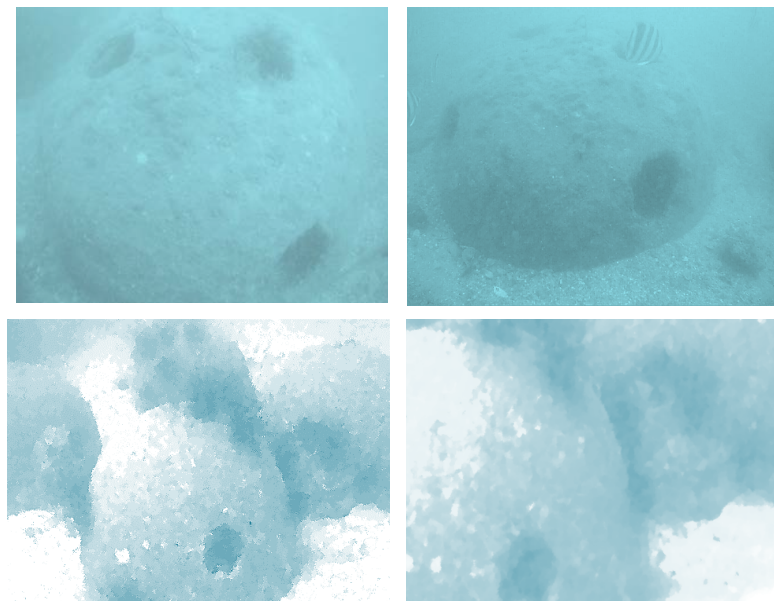
4.1 สรุปผลการออกแบบ

สรุปผลจากการศึกษาเพื่อออกแบบปะการังเทียมโดยทำการศึกษจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กรอบแนวคิดและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับวัสดุ รูปแบบ วิธีการผลิต การขึ้นรูปปะการังเทียม สามารถสรุปผลการออกแบบปะการังเทียมดังนี้ ทางด้านรูปทรงออกแบบปะการังเทียมให้เป็นรูปครึ่งวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร ด้านบน ด้านข้างเจาะช่องเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถไหลเข้าออกได้สะดวกและเพื่อให้ปลาเข้ามาอยู่อาศัยภายในช่องว่างและยังสามารถเป็นที่หลบภัยของปลาตลอดจนสิ่งมีชีวิตที่จะเข้ามาอยู่อาศัย มีความสอดคล้องกับ (Suraswadi, 2008) ได้กล่าวว่า โครงสร้างควรมีลักษณะที่เป็นช่องเพื่อใช้เป็นที่พักพิงของสิ่งมีชีวิตที่จะเข้ามาอยู่อาศัยในบริเวณนั้น ซึ่งปะการังเทียมที่ออกแบบมาให้มีส่วนฐานที่ความกว้างมั่นคงความแข็งแรงสามารถลดการเคลื่อนที่จากแรงคลื่นได้น้ำ ส่วนวัสดุที่นำมาใช้

ในการสร้างปะการังเทียมคือวัสดุเครื่องปั้นดินเผา จากการศึกษาพบว่าวัสดุเครื่องปั้นดินเผามีความคงทนซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Cheton, 2020) นำวัสดุเครื่องปั้นดินเผามาสร้างประติมากรรมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างปะการังเทียมเพื่อเพิ่มพื้นที่ยึดเกาะให้แก่สิ่งมีชีวิตในทะเล เพื่อเป็นแหล่งอาศัยของปลา และเพื่อใช้ในการท่องเที่ยว จากผลการวิจัยพบว่า การใช้วัสดุเครื่องปั้นดินเผาสามารถใช้ในการทำปะการังเทียมได้ อีกทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในทะเลได้อีกด้วย

4.2 สรุปผลการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของปะการังเทียมที่มีต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

จากการทดลองการวางปะการังเทียมเพื่อประเมินประสิทธิภาพของปะการังเทียมที่มีต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลที่บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยร่วมกับชาวประมงพื้นบ้านร่วมกันวางแนวปะการังเทียมบริเวณชายหาดตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้ปะการังเทียมที่สร้างขึ้นจำนวน 254 แท่ง จำนวน 5 แถว เป็นแนวยาว 100 เมตร ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 3 เมตร ห่างจากชายฝั่งประมาณ 400 เมตร โดยทำการติดตามข้อมูลทุกเดือนเป็นเวลา 1 ปี เพื่อตรวจสอบประเมินผลด้านประสิทธิภาพของปะการังเทียมโดยใช้ความลึกจากผิวน้ำทะเล 15 เมตร พบว่าสัตว์น้ำขนาดเล็กเข้าไปอยู่อาศัยและมีการก่อดังของอินทรีย์ เปรียงทะเลบริเวณปะการังเทียม มีปริมาณสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่นำปะการังไปวางเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับ (Fitzhardinge and Brock, 1989) ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 สัตว์น้ำขนาดเล็กเข้าไปอยู่อาศัยและมีการก่อดังของอินทรีย์ เปรียงทะเลบริเวณปะการังเทียม

4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องปั้นดินเผาได้ให้คำแนะนำว่า ความหนาของต้นแบบปะการังเทียม ซึ่งต้องคำนึงถึงขั้นตอนที่ต้องนำไปทดสอบที่ทะเลจริง ถ้าความหนาน้อยเกินไปอาจจะเกิดความเสียหายในขั้นตอนของการขนย้าย และเมื่อนำไปทิ้งในทะเลทีละจำนวนมาก ๆ ควรทดสอบในบริเวณที่ความลึกไม่มากนักเพื่อให้สามารถควบคุมตำแหน่งการวางปะการังเทียมได้

4.3.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านสัตว์ทะเลได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรขยายในส่วนฐานให้กว้างเนื่องจากบริเวณใต้ท้องทะเลมีคลื่นใต้น้ำซึ่งอาจส่งผลให้ปะการังเทียมพลิกตัวได้

4.3.3 ผลจากการวางปะการังเทียมชาวประมงเสนอให้มีการวางปะการังเทียมเพิ่มในสถานที่ที่มีสิ่งมีชีวิต

ในทะเลอาศัยอยู่ และควรทำสัญลักษณ์บริเวณผิวน้ำเพื่อเป็นการแสดงให้ทราบถึงบริเวณที่มีการวางปะการังเทียม และป้องกันชาวประมงเข้ามา ลากอวนในบริเวณดังกล่าวส่งผลกระทบต่อปะการังที่วางไว้

5. เอกสารอ้างอิง

- Brock, R. 1989. **An analysis of the efficacy of four artificial reef designs in tropical waters.** Bulletin of Marine Science.
- Fitzhardinge R. and J. Brock. 1989. **Colonization of artificial reef materials by corals and other sessile organisms.** Bulletin of Marine Science, 44(2): 567-579, 1989.
- Jungtawong, K.1992. **Thai Local Knowledge.** Amarin Printing Group. Bangkok. (in Thai)
- Leesuwan, V.1998. **Thai arts and crafts.** Amarin Printing Group. Bangkok. (in Thai)
- Lohakang, N.1984. **Coral building in Phang Nga Bay Sea fishing station Phuket Province.** Department of Fisheries. Bangkok. (in Thai)
- Mathews, T.T. 1983. **Artificial Fishing Reefs: Material and Construction** Department Oceanography. ST. Petersburg Junior coll. Clearwater.
- Rungfah, Y. 2014. **The Integration wisdom of local knowledge the pottery, for process and materials development to create artificial reef.** Journal of Social Sciences, 4 (1), 90-97. (in Thai)
- Saetan, B. 2020. **Sculptor Department of Underwater Ceramics for the promotion of coral reef ecosystem conservation Jang Temple of Krabi.** Art Thesis Design Subject Art Silpakorn University. (in Thai)
- Siripetch, A. 2004. **Artificial Reef Installation in the Southern Gulf of Thailand.** in Proceeding of the and Regional workshop on Enhancing Coastal Restores. Artificial Reefs in Southeast Asia 9-12 November, (in Thai)
- Srisatidnarkul, B. 2007. **Research Methodology.** U&I Company Inter Media Co., Ltd. Bangkok. (in Thai)
- Suraswadi, P. 2008. **Knowledge of artificial coral in Thailand.** Department of Fisheries. Phuket. (in Thai)

(Received: 5/Feb/2019, Revised: 9/Dec/2020, Accepted: 16/Dec/2020)

ภาคผนวก

วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก (RMUTTO RESEARCH JOURNAL)

วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เป็นวารสารระดับชาติซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัยและผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย กำหนดเผยแพร่วารสาร ปีละ 2 ครั้ง (มกราคม - มิถุนายน และกรกฎาคม - ธันวาคม)

1. บทควมวิจัย

ก. ส่วนปก ประกอบด้วย

1. ชื่อบทความ (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับ ชี้ถึงเป้าหมายหลักของการวิจัย
2. ชื่อผู้เขียนทุกท่าน (Authors) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ให้ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุล โดยไม่ต้องมีคำนำหน้านาม
3. ที่อยู่หน่วยงาน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับการติดต่อ E-mail และโทรศัพท์
4. ตัวเลขยก ให้เขียนไว้บนนามสกุลเพื่อระบุว่าเป็นที่อยู่ของผู้เขียนท่านใด
5. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้นตรงประเด็น ครอบคลุมสาระสำคัญของการศึกษา
6. คำสำคัญ (Keyword) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ ที่สามารถนำไปใช้สืบค้นในระบบฐานข้อมูล (Keyword ควรมีประมาณ 4 คำ)

ข. ส่วนเนื้อหา ประกอบด้วย

1. บทนำ (Introduction) เป็นส่วนของความสำคัญและมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย พร้อมวัตถุประสงค์และการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. วิธีการทดลอง (Materials and Methods) วิธีการศึกษา (Research Methodology) เป็นการอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัยซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการวิจัยแต่ละประเภท
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล หรือผลการศึกษาและอภิปรายผล (Results and Discussion) ควรเสนอผลอย่างชัดเจน ตรงประเด็น เป็นผลที่ค้นพบ โดยลำดับตามหัวข้อที่ศึกษา พร้อมการวิจารณ์ผล
4. สรุปผล (Conclusion) สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษา
5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) กล่าวถึงบุคคลหรือหน่วยงานที่ช่วยเหลืองานวิจัยและมีความสำคัญจริง (อาจมีหรือไม่ก็ได้)
6. เอกสารอ้างอิง (References) ต้องใช้ตามแบบที่วารสารวิจัย มทร. ตะวันออก กำหนดอย่างเคร่งครัด และเขียนเอกสารอ้างอิง เฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อหาเท่านั้น
7. ความยาวของบทความไม่เกิน 10 หน้า

หมายเหตุ เรื่องที่จะส่งตีพิมพ์ ต้องเป็นบทความวิจัยหรือบทความวิชาการที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อน หรืออยู่ในระหว่างการพิจารณาจากวารสารอื่น

2. รูปแบบการพิมพ์บทความ

การตั้งค่าหน้ากระดาษ

- ระยะขอบ

ขอบบน (Top Margin) และขอบซ้าย (Left Margin) 2.5 ซม.

ขอบล่าง (Bottom Margin) และขอบขวา (Right Margin) 2.0 ซม.

- กระดาษ

ขนาดกระดาษ A4 (กำหนดเอง) ความกว้าง 19 ซม. ความสูง 27 ซม.

รูปแบบตัวอักษร

แบบตัวอักษรใช้ TH SarabunPSK เท่านั้น

หมายเลขหน้า

ตำแหน่ง ด้านล่าง กึ่งกลางหน้ากระดาษ ขนาดตัวอักษร 14

การย่อหน้า

เคาะ 8 ตัวอักษร พิมพ์ตัวที่ 9

จำนวนหน้าทั้งหมด

6 - 10 หน้า

การพิมพ์ส่วนปก

พิมพ์เต็มหน้ากระดาษ (พิมพ์ 1 คอลัมน์)

การพิมพ์ส่วนเนื้อหา

พิมพ์ 1 คอลัมน์

ชื่อบทความ

ภาษาไทย และ ภาษาอังกฤษ ขนาดอักษร 18 (ตัวหนา)

จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ชื่อผู้เขียน

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 (ตัวหนา)

ระหว่างชื่อกับนามสกุล เว้น 2 เคาะ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ตัวเลขยกบนหลังนามสกุล

ขนาดตัวอักษร 16

(ตัวเลขยกบนหลังนามสกุล ใส่เฉพาะกรณีมีผู้เขียนมากกว่า 1 คน และมีที่อยู่ต่างกัน)

ที่อยู่

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 12

(ใส่ตัวเลขยกบนหน้าที่อยู่ ใส่เฉพาะกรณีมีผู้เขียนมากกว่า 1 คน และมีที่อยู่ต่างกัน)

E-mail และโทรศัพท์

ขนาดตัวอักษร 12 (ตัวเอียง)

ชื่อบทคัดย่อ

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 18 (ตัวหนา)

จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

เนื้อหาบทคัดย่อ

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14

ชื่อคำสำคัญ (Keyword)

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14 (ตัวหนา)

คำสำคัญ

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14

ชื่อหัวเรื่องใหญ่

ประกอบด้วย 1. บทนำ 2. วิธีการทดลอง หรือ วิธีการศึกษา

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลหรือผลการศึกษาและอภิปรายผล

4. สรุปผล 5. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) 6. เอกสารอ้างอิง

ขนาดตัวอักษร 18 (ตัวหนา) จัดชิดซ้าย

ชื่อหัวเรื่องรอง

ขนาดตัวอักษร 16 (ตัวหนา) จัดชิดซ้าย

ชื่อหัวเรื่องย่อ

ขนาดตัวอักษร 14 (ตัวหนา) ย่อ 4 ตัวอักษร พิมพ์ตัวที่ 5

เนื้อหาบทความ

ขนาดตัวอักษร 14 จัดกระจายแบบไทย

ชื่อตาราง

ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา อยู่ด้านบนของตาราง จัดชิดซ้าย

ชื่อภาพ ชื่อแผนภูมิ

ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา อยู่ใต้ภาพหรือแผนภูมิ จัดกึ่งกลาง

เนื้อหาในตาราง/แผนภูมิ

ขนาดตัวอักษร 12

การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง

ใช้นามสกุลของผู้แต่งคนแรก แล้วตามด้วยปี (ค.ศ.) เช่น Jamsawat (2011) หรือ (Jamsawat, 2011) หรือ Dan and Hamasaki (2011) หรือ Jamsawat and Piempol (2016) กรณีผู้เขียนมีมากกว่า 2 คน ใช้ Dan *et al.* (2011) หรือ (Dan *et al.*, 2011) เป็นต้น

การอ้างอิงท้ายเรื่อง

1. หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. **ชื่อหนังสือ**. ครั้งที่พิมพ์. สำนักพิมพ์. เมืองที่พิมพ์.

2. บทความวารสาร

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. **ชื่อบทความ**. ชื่อวารสาร. ปีที่ (ฉบับที่): หน้าแรก - หน้าสุดท้ายของบทความ. (กรณีที่วารสารไม่ระบุฉบับที่ ก็ไม่ต้องใส่ฉบับที่)

โดยให้เรียงลำดับเอกสารอ้างอิงตามตัวอักษรภาษาอังกฤษของนามสกุลของผู้แต่งคนแรก ตามด้วยคำย่อชื่อและชื่อกลาง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง กรณีเป็นหน่วยงานให้ใช้ชื่อเต็มหน่วยงาน ตามด้วยปีที่ตีพิมพ์ (การอ้างอิงจากวารสาร ให้ใช้ชื่อย่อของวารสาร) กรณีที่เป็นเอกสารอ้างอิงภาษาไทยใช้รูปแบบเดียวกัน ให้ปรับ (แปล) เป็นภาษาอังกฤษและต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า (in Thai)

หมายเหตุ ต้นฉบับบทความที่น่าส่งจะต้องถูกต้องตามหลักเกณฑ์การเขียนตามที่กำหนดเท่านั้น มิฉะนั้นจะไม่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ในวารสาร

*** ตัวอย่างการเขียนอ้างอิงท้ายเรื่อง**

Barros, A.K.A., Nunes, G.H.S., Queiroz, M.A., Pereira, E.W.L. and J.H.C. Filho. 2011. **Diallel analysis of yield and quality traits of melon fruits**. Crop Breed Appl Biotechnol. 11: 313-319.

Lertrat, K. 1989. **Techniques in Hand Pollinating Vegetable Plants**. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khonkaen University, Khonkaen. (in Thai)

Pornsuriya, P. 2005. **Genetic Studies and Inheritance of Fruit Characters in Slicing Melon (*Cucumis melo* L. var. *conomon* Makino)**. Ph.D. Thesis. Department of Horticulture, Kasetsart University, Bangkok.

Pornsuriya, P. 2014. **Biometrical Analysis in Plant Breeding**. O.S. Printing House, Bangkok. (in Thai)

Singh, P. and S.S. Narayanan. 2013. **Biometrical Techniques in Plant Breeding**. 5th ed. Kalyani Publishers, New Delhi.

Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1985. **Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis**. 3rd ed. Kalyani Publishers, New Delhi.

Tindall H.D. 1983. **Vegetables in the Tropics**. The Macmillan Press LTD., London.

United States Department of Agriculture. 2007. ***Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.** <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?41646>. Accessed 10 Mar. 2007.

Vianna J.M.S. 2000. **The parametric restrictions of the Griffing diallel analysis model: combining ability analysis**. Genet. Mol. Biol. 23: 877-881.

ตัวอย่างการจัดรูปแบบบทความ

ขอบบน
2.5 ซม.

ผลของการใช้อาหารทดแทนเลียงโคให้นมในฤดูแล้ง
Roughage Replacer for Feeding Milking Cows in Dry Season

ชื่อบทความ
ขนาด 18 หน้า

ชื่อผู้เขียน ขนาด 16 หน้า

วีระพล แจ่มสวัสดิ์
Virapol Jamsawat

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี
Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangpra campus, Chonburi
E-mail: virapolj@yahoo.com โทร.086-3303057

ที่อยู่ ขนาด 12
E-mail และโทรศัพท์
ขนาด 12 ตัวเอียง

ชื่อบทคัดย่อ / Abstract ขนาด 18 หน้า

บทคัดย่อ

ผลจากการทดลองการให้ฟางข้าวหมักยูเรีย 6% เลือกสับปะรดสดและหญ้าขนเป็นอาหารทดแทนเลียงโคกำลังให้นมในฤดูแล้ง โดยใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ ฟรีเซียน สายเลือดประมาณ 62.5% ที่กำลังให้น้ำนมโดยให้อาหารข้นมีโปรตีนรวม 16% ตามปริมาณการให้น้ำนมต่ออาหารข้น เท่ากับ 2 :1 และให้อาหารหยาบอย่างเต็มที่เป็นเวลา 165 วัน

เนื้อหาบทคัดย่อ
ภาษาไทยและ
อังกฤษ ขนาด 14

Keywords: Roughage replacer, Milking cow.

ชื่อคำสำคัญ (Keyword) ขนาด 14 หน้า
และ คำสำคัญ ขนาด 14 บง

ชื่อหัวข้อบทความ ขนาด 18 หน้า

1. บทนำ

เคาะ 8 ตัวอักษร

ในปัจจุบันการเลี้ยงโคนมของประเทศไทย ได้มีการส่งเสริมให้มีการขยายการเลี้ยงเพิ่มจำนวนมากขึ้นในทุกๆ ปี ทั้งโคนมและโคนเนื้อ แต่จำนวนพื้นที่ทำการเกษตรกลับลดจำนวนลง โดยถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ มากขึ้น ดังนั้น เกษตรกรผู้เลี้ยงโค ซึ่งจำเป็นต้องใช้อาหารหยาบพวกหญ้าเป็นพืชอาหารสัตว์หลักสำหรับเลี้ยงโค จึงมีจำนวนพืชอาหารสัตว์และจำนวนพื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ลดน้อยลงเรื่อยๆ (วีระพล, 2557)

เนื้อหาบทความ
ขนาด 14

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของอาหารข้น

ขอบซ้าย
2.5 ซม.

วัตถุดิบ	จำนวน
รำละเอียด	45
กากมะพร้าว	30
กากถั่วลิสง	15
ปลาป่น	5
เกลือป่น	2
แร่ธาตุผสม (premix)	1
รวม	100

เนื้อหาตาราง ขนาด 12

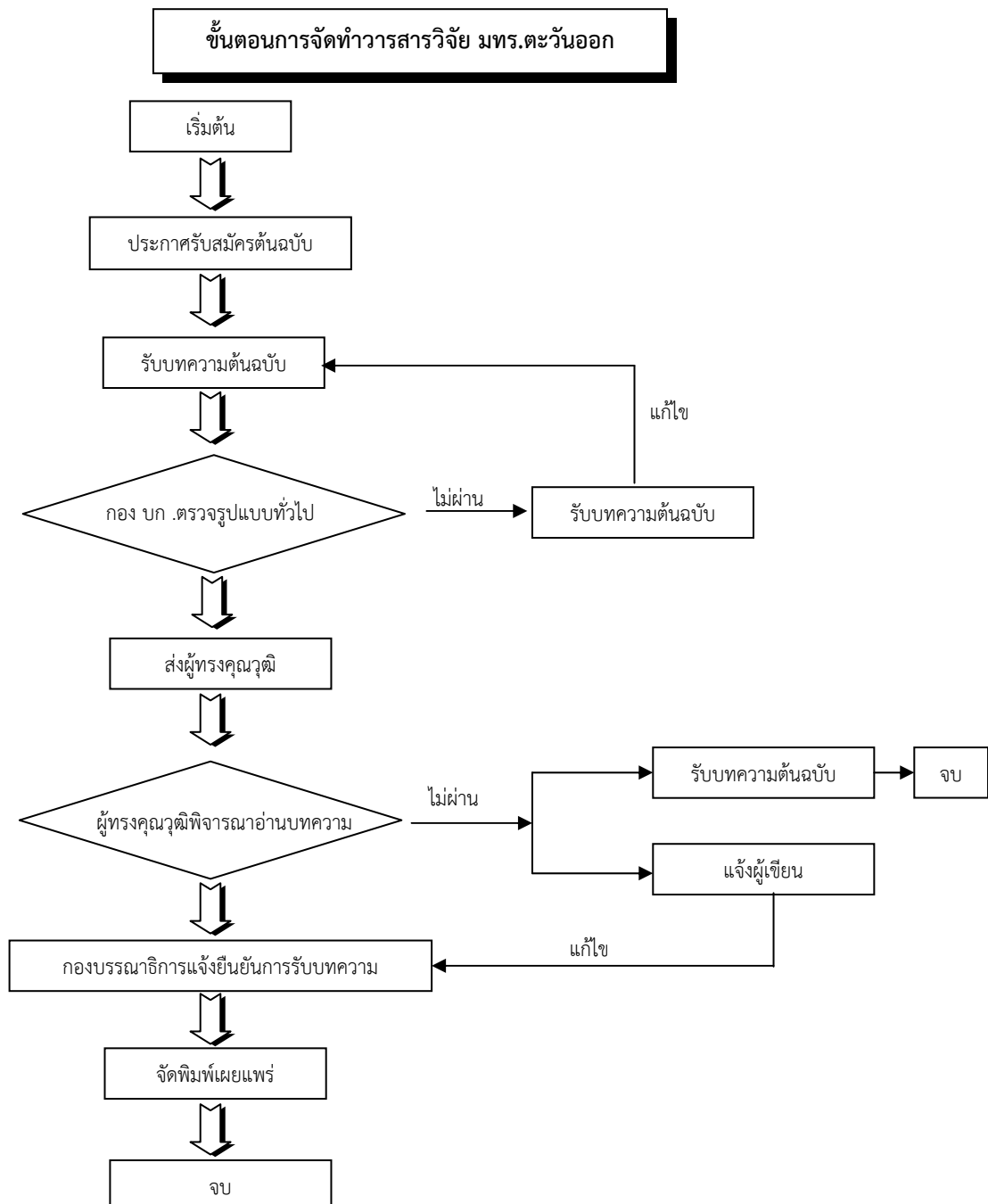
ขอบขวา
2.0 ซม.

ขอบล่าง
2.0 ซม.

หลักเกณฑ์การประเมินบทความเพื่อตอบรับการตีพิมพ์

กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความเบื้องต้น เกี่ยวกับความถูกต้องของรูปแบบทั่วไป ถ้าไม่ผ่านการพิจารณาจะส่งกลับไปแก้ไข ถ้าผ่านจะเข้าสู่การพิจารณาของผู้ประเมินจากภายนอก เมื่อผลการประเมินผ่านหรือไม่ผ่านหรือมีการแก้ไขจะแจ้งผลให้ผู้เขียนทราบ

เมื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ฉบับที่นำบทความลงตีพิมพ์ผลงาน จำนวน 1 ฉบับ พร้อมหนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ





แบบฟอร์มการส่งบทความวิจัย
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

1. ข้าพเจ้า นาย / นาง / นางสาว
2. ระดับการศึกษาสูงสุด
 ตำแหน่งทางวิชาการ
3. ชื่อบทความ (ภาษาไทย)
 (ภาษาอังกฤษ)
4. ชื่อผู้เขียนร่วม (1)
 (2)
 (3)
 (4)
 (5)
5. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

 โทรศัพท์..... มือถือ.....แฟกซ์.....
 E-mail :

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อนและยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ลงชื่อ.....
 (.....)

**แบบสรุปผลการประเมินบทความวิจัยของผู้ทรงคุณวุฒิ
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก**

1. รหัสบทความวิจัยที่ประเมิน R ☐ ☐ ☐ ☐

2. ชื่อบทความ.....

3. จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน..... ท่าน

4. หัวข้อที่พิจารณา

หัวข้อ	ผ่าน	ผ่านและมีการแก้ไข	ไม่ผ่าน	ข้อแก้ไข/ข้อเสนอแนะ
บทคัดย่อ (Abstract)				
บทนำ				
วิธีการทดลอง/วิธีการศึกษา				
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล / ผลการศึกษาและอภิปรายผล				
สรุปผล				
เอกสารอ้างอิง				
คุณค่าทางวิชาการ				

5. อื่น ๆ

.....

.....

.....

6. สรุปผลการประเมิน ☐ ผ่านดีเยี่ยม ☐ ผ่าน ☐ ผ่านและมีการแก้ไข ☐ ไม่ผ่าน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา)

บรรณาธิการ

วันที่...../...../.....



หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ขอรับรองว่าบทความ.....

เรื่อง

.....
.....
.....

โดย

.....
.....
.....

ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
และตีพิมพ์ในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ปีที่ ฉบับที่

.....

รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา

บรรณาธิการวารสารวิจัย มทร.ตะวันออก

ให้ ณ วันที่.....

นโยบายการพิจารณาบทความ

1. วารสารรับพิจารณาบทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษภายใต้เงื่อนไขว่าจะต้องไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร เอกสารการประชุมหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการเสนอเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น / รวมทั้งจะไม่นำเสนอไปเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น ๆ อีกนับจากวันที่ได้ส่งบทความฉบับนี้มาที่กองบรรณาธิการวารสาร ทั้งนี้ทางวารสารไม่มีค่าธรรมเนียมใด ๆ ในการตีพิมพ์เผยแพร่
2. ขอบเขตของวารสาร จะรับบทความทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในทางด้าน (1) วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์สุขภาพ (2) เกษตรศาสตร์และอุตสาหกรรมเกษตร (3) วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
3. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง (peer Review) กระบวนการพิจารณากลั่นกรองบทความบทความที่จะได้รับการพิจารณาตีพิมพ์จะต้องผ่านกระบวนการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องดังนี้
 - 3.1 กองบรรณาธิการจะแจ้งให้ผู้แต่งทราบเมื่อกองบรรณาธิการได้รับบทความเรียบร้อยแล้ว พร้อมตรวจสอบรูปแบบความถูกต้อง
 - 3.2 กองบรรณาธิการจะตรวจสอบบทความว่าอยู่ในขอบเขตเนื้อหาวารสารหรือไม่ รวมถึงคุณภาพงานวิชาการและประโยชน์ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ
 - 3.3 ในกรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นสมควรรับบทความไว้พิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะดำเนินการส่งบทความเพื่อกลั่นกรองต่อไปโดยจะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อยจำนวน 2 ท่านประเมินคุณภาพของบทความว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมจะลงตีพิมพ์หรือไม่ โดยกระบวนการกลั่นกรองนี้ทั้งจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนจะไม่ทราบข้อมูลของกันและกัน (Double - blind peer review process)
 - 3.4 เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะตัดสินใจโดยอิงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิว่าบทความนั้น ๆ เห็นควรอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมที่จะลงตีพิมพ์ได้ และจะส่งบทความนั้นไปให้ผู้แต่งได้แก้ไขตามข้อเสนอของผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นให้ผู้แต่งส่งกลับมาให้กองบรรณาธิการพิจารณาอีกครั้งหนึ่งก่อนเข้าสู่กระบวนการตีพิมพ์

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

มทร.ตะวันออก สร้างงานวิจัย พัฒนาสังคม ชุมชน และประเทศ

กองบรรณาธิการวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก



สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

43 หมู่ 6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

โทร. 0-3313-6099 ต่อ 1181-1187 โทรสาร/สายตรง 0-3835-8142

<http://ird.rmutto.ac.th>, <http://journal.rmutto.ac.th>