

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2564

Vol.2 No.1 January – April 2021

- การแก้ปัญหาการบรรจุสินค้าโดยใช้แบบจำลองอบเหนียว
เพ็ญภัก ศิริมาก, ธวัชชัย บุญกัน, อัครพงศ์ วงศ์พัฒน์, พงษ์พันธ์ บุญสรรค์ และสัณชัย ยอดมณี
- ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลต๋องหมอบ (วงศ์ขิง) ในจังหวัดมหาสารคาม
สุรพล แสนสุข, ปิยะพร แสนสุข และอารีรัตน์ รักชาติศิลป์
- การเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตของเบ็ดบาบารีโดยใช้ไฮโดรไลซิสสียีสต์เสริมในอาหาร
นิรุจน์ พันธุ์ศรี และชยพล มีพร้อม
- ผลของน้ำแช่ใบหูกวางแห้งต่อการงอกกุดแถมครีบปลาทอง
ธวัชชัย จามศิริ และอภิวัฒน์ เหลือสมบูรณ์
- ชนิดของอาหารที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนต่อการเลี้ยงปลาดุกยักษ์ในกระชังบก
เมฆ มากลั่น, กฤติมา กษมาวุฒิ และสำเนาวิ เสาวกุล
- การทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนสำหรับการวัดค่าความดันของของเหลว
ชาติ ทิยะ, สุทัศน์ จันทวิลา, ยุทธนา พิมพ์ทองงาม และวิชา จิมพลี
- ผลการเสริมเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบ
นิตยา ภูงาม, ณัฏฐาภรณ์ ตรีชูพร, ไกรวิชญ์ ไหมคำมูล และวณิดา ยืนดีรัมย์
- การพัฒนาเครื่องกรองปลูกและวางเทปน้ำหยดพร้อมคลุมพลาสติก
นิรุตติศักดิ์ คงทน, ลักษณา พัทธกิจ, ปญญญา สระแก้ว, ณัฐพล ไสยกุลและ, กิตติพงษ์ ลาลุน,
พีรณัฐ อันสุริย์ และนิศานาถ แก้ววินัด
- ผลของการทดแทนแป้งเมล็ดกระบกต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เค้ก
ณัฏฐาภรณ์ ตรีชูพร, นิตยา ภูงาม, วิภากรณ์ ลักขม และอรรณณ อยู่ดีรัมย์
- การใช้ใบโศยาบดผงในสูตรอาหารไก่ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและน้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว
เพิ่มสิน สุริยพันธ์, ศรีโตช ฐิตฐา, พีรณัฐ อนุชานุรักษ์, สุภา ศรีชัยยศ และทิวากร อำพาผล

ISSN 2730 - 163X

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์



คำนำ

วารสารวิจัยเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นเพื่อตีพิมพ์บทความที่เป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการและบุคคลทั่วไป โดยมีสาขาย่อย 3 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เกษตรศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยวารสารฉบับนี้ได้เผยแพร่ผลงานที่มีเนื้อหาทางด้านวิชาการ การสร้างองค์ความรู้ การบูรณาการ และข้อมูลอันเป็นประโยชน์จากคณาจารย์ นักศึกษา และผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่อจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิต รวมทั้งก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านวิชาการแก่ผู้ที่สนใจทั่วไป โดยมีบทความ 10 เรื่อง ที่มีเนื้อหาหลากหลาย ได้แก่ 1) การแก้ปัญหาการบรรจุสินค้าโดยใช้แบบจำลองอบเหนียว 2) ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลตูปหมูป (วงศ์ขิง) ในจังหวัดมหาสารคาม 3) การเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตของเป็ดบาบารีโดยการใช้ออโตไลซิซิตีเสริมในอาหาร 4) ผลของน้ำแช่ใบหูกวางแห้งต่อการงอกทดแทนครีบลาทอง 5) ชนิดของอาหารที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนต่อการเลี้ยงปลาอุกยักษ์ในกระชังบก 6) การทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนสำหรับการวัดค่าความดันของของเหลว 7) ผลการเสริมเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบ 8) การพัฒนาเครื่องยกร่องปลูกและวางเทปน้ำหยดพร้อมคลุมพลาสติก 9) ผลของการทดแทนแป้งเมล็ดกระบกต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เค้ก 10) การใช้ใบไชยาบดผงในสูตรอาหารไก่ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและน้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว โดยบทความได้ผ่านการพิจารณาและการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

กองบรรณาธิการขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ได้ส่งบทความเข้ามาขอรับการตีพิมพ์ในวารสาร และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความในวารสารฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ทางวิชาการของประเทศไทยต่อไป

กองบรรณาธิการ
วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี



วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี Agriculture and Technology Journal

วัตถุประสงค์ เพื่อเผยแพร่ความรู้และผลงานวิชาการทางด้านการเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมแก่สังคม

เจ้าของ/สำนักงานวารสาร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี 145 หมู่ 15 ต.นอกเมือง อ.เมืองสุรินทร์ จ.สุรินทร์ 32000
โทร. 044-153093 โทรสาร. 044-153093
E-mail: atj.rmuti@gmail.com
Website: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/atj/index>

ที่ปรึกษาบรรณาธิการ	รศ.ดร.สำเนาวิ	เสาวกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์
บรรณาธิการ	ผศ.ดร.วุฒิชัย	สิทธิวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์
รองบรรณาธิการ	ดร.พงศ์ภัทร	เกียรติประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ดร.ปวีณา	สาสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์
	อาจารย์อัญวิณ์	ไชยวิชระกัมพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์

กองบรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ

ศ.ดร.สนั่น	จอกลอย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.สุขสันต์	ห่อพิบูลสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ศ.ดร.อนันต์	พลธานี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.ธเนศ	เสถียรนาม	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.ทวนทอง	จุฑาเกตุ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ศ.ดร.ปิยะดา	ธีระกุลพิศุทธิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.อุทัยรัตน์	ณ นคร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.อลงกลด	แทนอมทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.สุวัจน์	ธัญรส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ศ.ดร.เมธา	วรรณพัฒน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.สิงหนาท	พวงจันทร์แดง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.กุลเชษฐ์	เพียรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พล.อ.ต.ศ.ดร.สรกฤษ	ศรีเกษม	โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

กองบรรณาธิการ

รศ.ดร.พันธวัศ	สัมพันธ์พานิช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ปรเมศ	บรรเทิง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.ธนัชฐา	ทรรพนันท์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อรพินท์	จินตสถาพร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.รัชพล	สันติวรการ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.กริช	สมกันธา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รศ.ดร.บุญเสถียร	บุญสูง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.สุรพล	แสนสุข	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร.วิศิษฐ์พร	สุขสมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รศ.ดร.บรรจง	บุญชม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.อังคณา	บุญยี่ด	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.เอื้อมพร	จันทร์สองดวง	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผศ.ดร.พัชรินทร์	อาตมียะนันท์	มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
ผศ.ดร.ภาณุพล	หงษ์ภักดี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.วีระเวทย์	อุทไธ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.อรอนงค์	ภูสีฤทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผศ.ดร.สิริภัทร	เชี่ยวชาญวัฒนา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.บัณฑิต	ยวงสร้อย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.รัตติกาล	เสนน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วช.บางพระ
ผศ.ดร.พัชริน	สงศรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.น.สพ.สุทธิดิล	ปิยะเดชสุนทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ผศ.ดร.วิไลพร	อินสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ผศ.ดร.รัตนจิรา	รัตนประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.สุทธิชาน	นิลฤทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.สุริยา	อดดุ้ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.ศุภลักษณ์	เกตุตากแดด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.ทิวากร	อำพาพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.วิภาสทธิ์	หิรัญรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.เรวัฒน์	เต็มกล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.นิตยา	ภูงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
อาจารย์ปรัชญา	บำรุงกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์

กำหนดออกวารสาร

พิมพ์เผยแพร่ราย 4 เดือน

- ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม – เมษายน
- ฉบับที่ 2 ประจำเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม
- ฉบับที่ 3 ประจำเดือน กันยายน – ธันวาคม

พิมพ์ที่

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

ต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีและบทความในวารสารเป็นแนวคิดของผู้แต่งมิใช่เป็นแนวคิดของคณะกรรมการจัดทำวารสาร และมีใช่เป็นความรับผิดชอบของคณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1

รองศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.ไพรัตน์	ศรแสง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์	เชิดทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณีต	งามเสน่ห์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาวั	เสาวกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวิจิ	ยะสะกะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	ทองมูล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา	บุญยัด	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภูมิ	บุญมี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัญชัย	ดาศรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสตร์	นิมิตรพันธ์	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอี่ยมพร	จันทร์สองดวง	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระเวทย์	อุทโธ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิญา	เอกพงษ์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์	อ่อนสอาด	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุเมศวร์	สุขศรีศิริวัชร	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ	ฉายบุ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กระวี	ตรีอำรรค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา	นิลม่วง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย	สิทธิวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริสรา	โพธิ์สนาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์	ระยัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภาพร	ดีสนาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตลำปาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรชาติ	โตแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริศักดิ์	ตาลป้อง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมชญา	ศรีธรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
อาจารย์ ดร.นพดล	สมผล	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

บทบรรณาธิการ



คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตสุรินทร์

วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี (Agriculture and Technology Journal) เป็นวารสารทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้และผลงานวิชาการทางด้านการเกษตรและเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยี หรือนวัตกรรมแก่สังคม ทำการเผยแพร่ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ฐานข้อมูลระบบออนไลน์ และรูปเล่มจำนวน 3 ฉบับต่อปี ในทุก ๆ 4 เดือน โดยฉบับที่ 1 ระหว่างเดือนมกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม และฉบับที่ 3 ระหว่างเดือน กันยายน-ธันวาคม เปิดรับบทความที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เกษตรศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้เป็นไปตามรูปแบบของวารสาร

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาและส่งเสริมผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่เชิงบูรณาการให้มีคุณภาพ เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง สำหรับฉบับนี้ มีบทความวิจัยด้วยกัน 10 เรื่อง ประกอบด้วยสาขาเกษตรศาสตร์ 4 เรื่อง สาขาวิศวกรรมศาสตร์ 1 เรื่อง สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 5 เรื่อง กองบรรณาธิการมุ่งมั่นที่จะให้วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี (Agriculture and Technology Journal) เป็นวารสารที่มีคุณภาพและมีชื่อในศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai-Journal Citation Index Centre; TCi)

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะสำหรับในแต่ละบทความวิจัย ขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่านที่ได้ส่งบทความอันเป็นประโยชน์ เผยแพร่สู่สาธารณะเพื่อพัฒนางานวิจัยของชาติต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย สิทธิวงษ์

บรรณาธิการ

การแก้ปัญหาการบรรจุสินค้าโดยใช้แบบจำลองอบเหนียว	1
A simulated annealing algorithm for packing problem	
ธวัชชัย บุญทัน อัครพงศ์ วงศ์พัฒน์ เพ็ญภาค ศิริมาก พงษ์พันธ์ บุญสรรค์ และลัญชัย ยอดมณี	
ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลตูปทุม (วงศ์ขิง) ในจังหวัดมหาสารคาม	9
Diversity and traditional utilization of the genus <i>Kaempferia</i> (Zingiberaceae) in Maha Sarakham Province	
สุรพล แสนสุข ปิยะพร แสนสุข และอารีรัตน์ รักษาศิลป์	
การเพิ่มสมรรถนะการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของเป็ดบาบาร์โดยการใช้ออโตไลซิสยีสต์เสริมในอาหาร	17
Improving growth performance and economic return of Babary ducks by using autolysis yeast supplemented in the diet	
นิรุจน์ พันธุ์ศรี และชยพล มีพร้อม	
ผลของน้ำแช่ใบหูกวางแห้งต่อการงอกทดแทนครีบลาทอง	26
Efficacy of soaked-water dried indian almond leaves (<i>Terminalia catappa</i>) on regeneration of goldfish (<i>Carassius auratus</i>) fins	
ธวัฒน์ชัย งามศิริ และอภิวัดน์ เหลือมสมบูรณ์	
ชนิดของอาหารที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนต่อการเลี้ยงปลาดุกยักษ์ในกระชังบก	37
Optimal feed types for cost reductions of African catfish (<i>Clarias gariepinus</i>) culture in land-based cages	
เมฆ มากลั่น กฤติมา กษมาวุฒิ และสำเนาวิ เสาวกุล	

การทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์บาร์อิมิตอร์บนสมาร์ตโฟนสำหรับการวัดค่าความดันของเหลว	50
---	----

Performance testing of barometer sensor in smartphone for liquid pressure measurement

ชาติ ทีฆะ สุทัศน์ จันบัวลา ยุทธนา พิมพ์ทองงาม และวิชา นิมพลี

ผลการทดแทนเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบ	64
--	----

Effect of substitute with phoenix mushroom to physical-chemical quality of

Sai Aua Kob product

นิตยา งาม ญ์ภูวณิณคล เศรษฐปราโมทย์ ไกรวิทย์ ใหมคำมูล และวนิดา ยินศิริรัมย์

เครื่องกร่องปลูกพร้อมวางเทปน้ำหยดและคลุมพลาสติก	72
---	----

Bed forming with water drip tape laying and plastic layer mulching machine

นิรติศักดิ์ คงทน ลักขณา พิทักษ์ ปญญา สระแก้ว ญ์ฐพล โสฤทธะ

กิตติพงษ์ ลาอุณ ธีรณัฐ อ้นสุริย์ และนิศานาถ แก้ววินัด

ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยผงเมล็ดกระบกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เค้ก	81
---	----

Effect of wheat flour partial substitution with *Irvingia malayana* on quality of

cupcake product

ญ์ภูวณิณคล เศรษฐปราโมทย์ นิตยา งาม วิภารัตน์ ลักขร และอรรณณ อยู่ศิริรัมย์

การใช้ใบไชยาบดผงในสูตรอาหารไก่ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและน้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว	90
---	----

The use of Chaya leaf powder in feed diet on growth performance and carcass weight in Tapao Kaew chicken

เพ็ญสิน สุริยพันธุ์ ศรีโตช รัชฎา ธีรกร อนุชานุรักษ์ สุภา ศรีียงยศ และทิวากร อำพพล

Received: September 27, 2020; Revised: November 2, 2020; Accepted: November 11, 2020

การแก้ปัญหาการบรรจุสินค้าโดยใช้แบบจำลองอบเหนียว

A simulated annealing algorithm for packing problem

เพ็ญภาค ศิริมาก¹ ธวัชชัย บุญทัน^{2*} อัครพงศ์ วงศ์พัฒน์² พงษ์พันธ์ บุญสรรค์¹ และสัณชัย ยอดมณี³

Penpark Sirimark¹, Thawatchai Boontan^{2*}, Akkharaphong Wongphat²,

Pongpan Boonsan¹ and Sanchai Yotmanee³

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

*Corresponding Author E-mail Address : tavatchaibt@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการบรรจุสินค้าลงในตู้คอนเทนเนอร์ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากโดยใช้วิธีการแบบจำลองอบเหนียว (Simulate Annealing: SA) ร่วมกับการจัดวาง 2 วิธีคือ การจัดวางแบบทดสอบจุดตามลำดับแกน (Axis Order Test) และการจัดวางแบบจุดมุม (Corner Point Placing) เนื่องจากการจัดวางสินค้ามีข้อจำกัดในด้านเวลา และจำนวนตู้ขนส่ง ดังนั้นในงานวิจัยเรื่องนี้จึงประสงค์เพื่อที่จะลดช่องว่างในตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้ขนส่งสินค้า พร้อมทั้งลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการขนส่ง และนำรูปแบบวิธีการจัดวางทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏว่ารูปแบบการจัดวางแบบจุดมุมร่วมกับแบบจำลองอบเหนียว SA-CPP ได้ผลดีกว่า สามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในการบรรจุสินค้าน้อยที่สุด

คำสำคัญ: แบบจำลองอบเหนียว การจัดวางแบบทดสอบจุดตามลำดับแกน การจัดวางแบบจุดมุม

Abstract

In this study, we present the method for packing problem into rectangular container by Simulate Annealing (SA) combine with 2 placing methods, the Axis Order Test: AOT and Corner Point Placing: CPP. Since there is the limit of space, cost and time in the shipments, the purposed of this research is to manage the problem for packing using SA-AOT and SA-CPP. The computational performance of both models compared. The results from SA-CPP provide the reduction of costs in shipments with the use minimum number of containers.

Keywords: Simulate annealing, Axes order test, Corner point placing

บทนำ

ในปัจจุบันมีการแข่งขันทางธุรกิจของบริษัทขนส่งสินค้าเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคมีช่องทางในการซื้อสินค้ามากกว่าในอดีต การสร้างความประทับใจให้แก่ผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งระบบการบริหารจัดการขนส่งสินค้าที่มีประสิทธิภาพนั้นอาจยังไม่เพียงพอ ทำให้การจัดการด้านการบรรจุกล่องสินค้าลงตู้คอนเทนเนอร์ก่อนการขนส่งจึงมีความสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ ของกระบวนการกระจายสินค้า Jens et al. (2010) ได้ศึกษาถึงระเบียบวิธีฮิวริสติกส์สำหรับการบรรจุเฟอร์นิเจอร์ลงในตู้คอนเทนเนอร์ โดยผลที่ได้จากการใช้วิธีนี้มีความแม่นยำในการบรรจุสินค้าลงตู้คอนเทนเนอร์อยู่ที่ 91.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเป็นตัวช่วยในการขนส่งเฟอร์นิเจอร์ไปให้ลูกค้าได้ทันเวลา และในต่อมา รัตนธรรณ (2561) ได้ศึกษาถึงวิธีการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ โดยผลที่ได้จากระเบียบวิธีนี้ทำให้สามารถจัดเรียงสินค้าได้ถูกต้องแม่นยำ และการประมวลผลการจัดเรียงไว้นานกว่าการจัดของพนักงาน โดยปัญหาที่พบบ่อยในการบรรจุสินค้า คือ ภายหลังจากการวางกล่องสินค้าลงในตู้คอนเทนเนอร์ หากพนักงานวางกล่องสินค้าในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมกับขนาดของตู้คอนเทนเนอร์ จะส่งผลให้เกิดพื้นที่ว่างภายในตู้ ทำให้ต้องใช้จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่งสินค้าเยอะขึ้น ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังใช้เวลาในการขนส่งมากยิ่งขึ้นอีกด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อต้องการนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์เรื่องระเบียบแบบจำลองการอบเหี่ยว มาใช้เป็นตัวช่วยในการจัดเรียงกล่องสินค้าลงในตู้คอนเทนเนอร์ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อศูนย์กระจายสินค้า รวมถึงเป็นการลดเวลาในการขนส่ง ทำให้สามารถ สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า นอกจากนี้ยังเป็นการลดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์และยังสามารถใช้พื้นที่ภายในตู้คอนเทนเนอร์ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. รูปแบบวิธีการจัดวางกล่องสินค้า

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบการจัดวางกล่องสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์ 2 วิธี คือ

1.1 การจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน (Axis Order Test: AOT)

กำหนดให้ A_i คือ กล่องสำหรับบรรจุลงตู้ลำดับที่ i

(X, Y, Z) คือ ขนาดของตู้คอนเทนเนอร์ทรงฉาก

K คือ จำนวนของกล่องทั้งหมด

วิธีการจัดวางแบบ AOT มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วางกล่องที่ A_1 ที่พิกัดเริ่มต้น $(0,0,0)$

2. ก่อนวางกล่องที่ A_i ต้องตรวจสอบก่อนว่าจุดที่จะบรรจุกับขนาดของกล่อง A_i นั้นมีพื้นที่ที่สามารถวางลง

ในตู้คอนเทนเนอร์ได้หรือไม่ ที่จุด $(0,0,0)$ ถ้าสามารถวางได้ให้ข้ามไปทำข้อ 3 ถ้าไม่สามารถวางได้ให้ทำข้อ 2.1

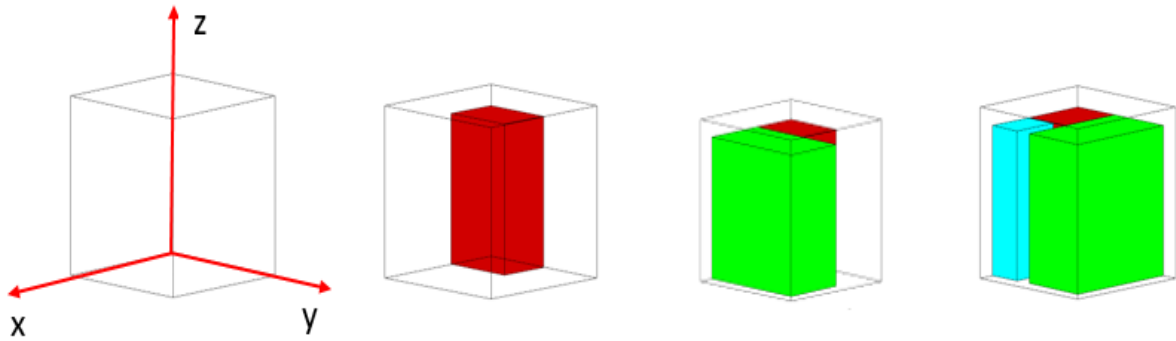
2.1 เพิ่มพิกัดตามแนวแกน x ทีละ 1 ค่า จนกว่าจะสามารถวาง A_i ได้ ถ้า $x > X, y \leq Y, z \leq Z$ ให้

ทำข้อที่ 2.2 ถ้า $x > X, y > Y, z \leq Z$ ให้ทำข้อ 2.3 ถ้า $x > X, y > Y, z > Z$ ให้ทำข้อ 3

2.2 เพิ่มพิกัดตามแนวแกน y ทีละ 1 ค่า โดยกำหนดให้ค่า $x=0$ แล้วกลับไปทำข้อ 2.1

2.3 เพิ่มพิกัดตามแนวแกน z ทีละ 1 ค่า โดยกำหนดให้ค่า $x=0$ และ $y=0$ แล้วกลับไปทำข้อ 2.3 วางกล่องที่

A_{i+1} และทำซ้ำข้อ 2 จนกว่าจะครบกล่องที่ K แล้วหยุดทำซ้ำ



รูปที่ 1 รูปตัวอย่างการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามแกน (Axis Order Test: AOT)

1.2 การจัดวางแบบจุดมุม (Corner Point Placing: CPP)

De Almeida and Figueiredo (2010) ได้เสนอวิธีการวางแบบจุดมุมโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วางกล่องลำดับที่ 1 ขนาด $(x \times y \times z)$ ที่จุดพิกัดเริ่มต้น $(0,0,0)$

2. เมื่อวางกล่องแล้วจะเกิดจุดพิกัดที่เกิดจากการวางทั้งหมด 3 จุด คือ

$$(0+x_1,0,0), (0,0+y_1,0), (0,0,0+z_1)$$

3. นำจุดที่เกิดจากข้อ 2 มาเป็นพิกัดสำหรับวางกล่องถัดไป

4. ตรวจสอบจุดพิกัดที่เกิดจากการวาง (X_t, Y_t, Z_t) เพื่อวางกล่องลำดับถัดไป โดยที่ (X_t, Y_t, Z_t) คือ พิกัดที่เกิดขึ้นจากการวางกล่อง

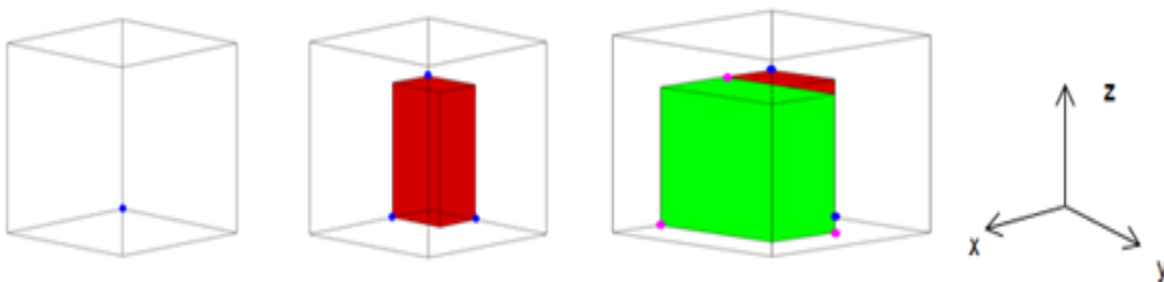
4.1 ถ้ากล่องใหม่ขนาด $(x_i \times y_i \times z_i)$ สามารถวางได้ ให้เพิ่มจุดพิกัดที่ได้จากการวางกล่องเพิ่มขึ้นอีก 3 จุด คือ $(X_t + x_i, Y_t, Z_t), (X_t, Y_t + y_i, Z_t), (X_t, Y_t, Z_t + z_i)$ และลบจุดพิกัดที่ใช้วางกล่องออกไป

4.2 ถ้ากล่องไม่สามารถวางได้ในจุดพิกัดนั้น ให้เลือกจุดพิกัดถัดไปมาทำการวาง

4.3 ถ้าจุดพิกัดที่มีทั้งหมดไม่สามารถวางกล่องได้ ให้ใช้กล่องลำดับถัดไปมาทดสอบในขั้นตอนที่ 4 อีกครั้งจน

ครบตามลำดับของกล่อง

5. สิ้นสุดขั้นตอน



รูปที่ 2 รูปตัวอย่างการจัดวางแบบจุดมุม (Corner Point Placing : CPP)

2. ระเบียบวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Method)

ระเบียบวิธีฮิวริสติกเป็นวิธีที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาการจัดเรียงโดยวิธีฮิวริสติกส์สำหรับการจัดเรียงสินค้าลงในตู้คอนเทนเนอร์มีด้วยกันหลัก ๆ 4 แบบคือ การจัดแบบจัดแล้วจัดเลย การจัดแบบวิธีการ Tabu Search อัลกอริทึมแบบพันธุกรรม

การจัดแบบอื่น ๆ โดยใช้หลักการ Dynamic Programming ซึ่งก็คือการจัดแบบจำลองอบเหนียว (ธัญธรรณ, 2561) โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัญหาแบบจำลองอบเหนียว ซึ่งมีรายละเอียดและวิธีการในหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 แบบจำลองอบเหนียว (Simulate Annealing)

การจำลองแบบอบเหนียว (Simulate Annealing) เป็นวิธีการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเป็นการค้นหาผลเฉลยแบบเฉพาะที่ (Local Search) ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำซ้ำ (Iteration) จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Hanan et al., 2017) โดยจำลองพฤติกรรมของโลหะที่ได้รับความร้อนจนหลอมละลายเป็นของเหลวและได้ลดอุณหภูมิอย่างช้า ๆ จนกระทั่งโลหะเย็นตัวและอะตอมจะเกิดการเรียงตัวจนเป็นระเบียบจนเป็นที่น่าพอใจ (Jens et al., 2010) โดยมีอัลกอริทึมของการทำงานดังต่อไปนี้

Simulate Annealing Algorithm

1. เลือกค่าเริ่มต้น x_0 ที่เหมาะสม
2. เลือกอุณหภูมิ T_0 ค่าคงที่ของ Boltzmann k และตัวคูณลด (Reduction Factor)
3. While หากค่าตอบยังไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม do

for จำนวนรอบของการคำนวณค่าตอบใหม่

เลือกค่าตอบใหม่ $x_0 + \Delta x$

 if $f(x_0 + \Delta x) < f(x_0)$ then

$f_{new} = f(x_0 + \Delta x); x_0 = x_0 + \Delta x$

 else

$\Delta f = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)$

 สุ่มค่า $r(0,1)$

If $r > e^{(-\Delta f / kT)}$ then

$f_{new} = f(x_0 + \Delta x); x_0 = x_0 + \Delta x$

 else

$f_{new} = f(x_0)$

 end if

รูปที่ 3 รูปอัลกอริทึมของแบบจำลองอบเหนียว

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการทดสอบการจัดเรียงกล่องสินค้าลงในตู้คอนเทนเนอร์โดยใช้ระเบียบวิธีวิวิธวิธี (SA-CPP) และการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน (SA-AOT) มีทั้งสิ้น 2 ปัญหาด้วยกันคือ ปัญหาของกล่องสินค้าที่นำมาบรรจุมีขนาดแตกต่างกันทั้งหมด (ปัญหาที่ 1) และปัญหาของกล่องที่มีขนาดแตกต่างกัน 6 ขนาด (ปัญหาที่ 2) โดยมีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

ปัญหาที่ 1 ตู้คอนเทนเนอร์มีขนาด 7x7x7 เมตร และมีจำนวนกล่องย่อยทั้งหมด 30 กล่องโดยที่ขนาดของกล่องสินค้าแตกต่างกันทั้ง 30 กล่อง โดยแสดงขนาดของกล่องดังตารางที่ 1

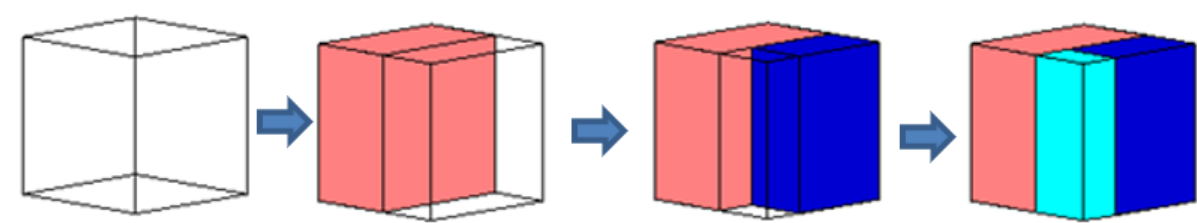
ตารางที่ 1 ตารางขนาดของกล่องย่อยทั้งหมดโดยที่ X คือความกว้าง, Y คือความยาว และ Z คือความสูง (เมตร)

กล่อง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X	7	4	4	2	7	5	3	5	3	4	5	1	6	2	3
Y	7	5	7	3	2	6	1	6	3	3	3	1	4	3	1
Z	5	2	7	7	5	1	6	7	3	6	7	2	2	1	1
กล่อง	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X	6	2	5	7	7	3	1	4	4	1	2	4	7	3	7
Y	7	4	6	4	1	4	7	4	7	3	6	3	4	1	6
Z	6	5	3	5	7	7	7	3	6	7	1	4	7	5	4

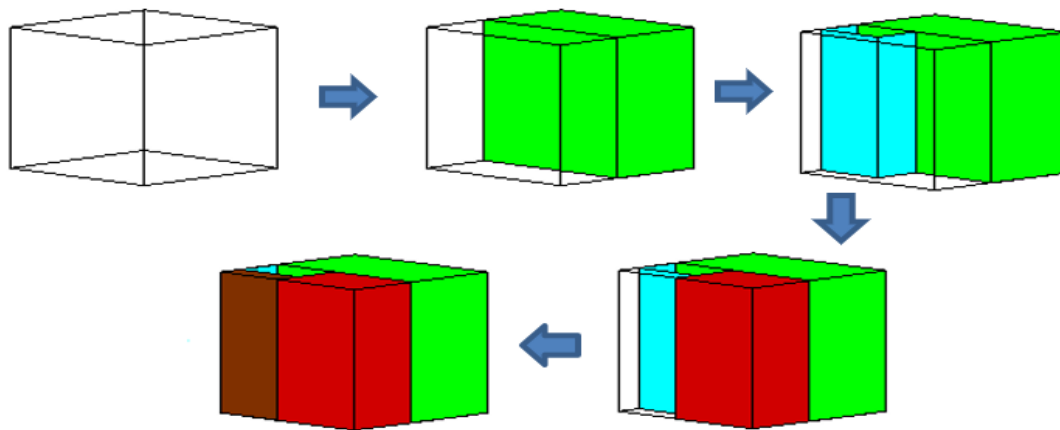
ตารางที่ 2 ตารางผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีแบบจำลองแบบอบเหนียวร่วมกับการจัดเรียงแบบการจัดวางแบบจุดมุม และการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน

วิธี	ปริมาตร	ลำดับการจัดเรียงกล่อง	เวลา(s)
SA-AOT	343	28, 11, 5, 9, 24, 8, 4, 12, 7, 3, 22, 16, 20, 2, 25, 19, 10, 27, 13, 15, 6, 30, 23, 29, 26, 17, 1, 18, 21, 14,	400.412
SA-CPP	343	3, 4, 21, 10, 6, 9, 18, 11, 19, 23, 29, 13, 30, 20, 27, 28, 2, 24, 16, 15, 17, 22, 5, 1, 25, 7, 12, 26, 14, 8,	37.332

หมายเหตุ: สีแดง คือกล่องที่สามารถบรรจุลงไปได้



รูปที่ 4 รูปการจัดวางแบบ SA-AOT



รูปที่ 5 รูปการจัดวางแบบ SA-CPP

ปัญหาที่ 2 ตู้คอนเทนเนอร์มีขนาด $7 \times 7 \times 7$ เมตร และมีจำนวนกล่องย่อยทั้งหมด 30 กล่องโดยที่ขนาดของกล่องสินค้ามีขนาดแตกต่างกัน 6 ขนาด คือ $3 \times 3 \times 1$, $1 \times 3 \times 1$, $2 \times 6 \times 2$, $3 \times 2 \times 4$, $3 \times 2 \times 2$ และ $4 \times 2 \times 2$ จำนวน 30 กล่อง โดยแสดงขนาดของกล่องดังตารางที่ 3

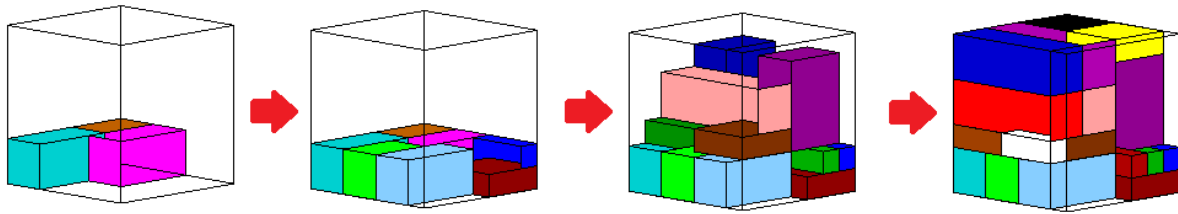
ตารางที่ 3 ตารางขนาดของกล่องย่อยทั้งหมดโดยที่ X คือความกว้าง, Y คือความยาว และ Z คือความสูง (เมตร)

กล่อง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X	3	1	3	3	2	4	3	1	3	3	2	4	3	1	3
Y	3	3	2	2	6	2	3	3	2	2	6	2	3	3	2
Z	1	1	2	4	2	2	1	1	2	4	2	2	1	1	2
กล่อง	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X	3	2	4	3	1	3	3	2	4	3	1	3	3	2	4
Y	2	6	2	3	3	2	2	6	2	3	3	2	2	6	2
Z	4	2	2	1	1	2	4	2	2	1	1	2	4	2	2

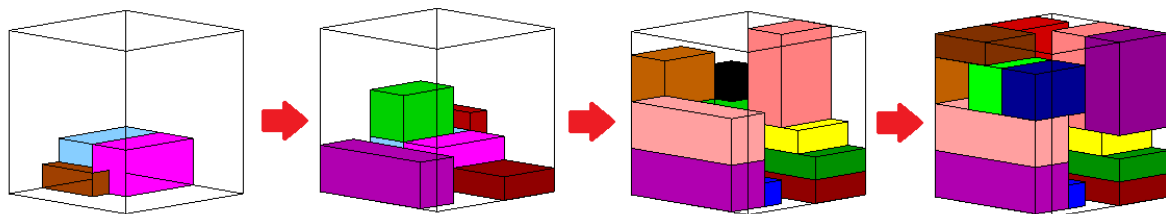
ตารางที่ 4 ตารางผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีแบบจำลองแบบอบเหนียวร่วมกับการจัดเรียงแบบการจัดวางแบบจุดมุม และการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน

วิธี	ปริมาตร	ลำดับการจัดเรียงกล่อง												เวลา(s)
SA-AOT	300	27.	18.	6.	3.	19.	12.	2.	10.	13.	9.	29.	14.	682.57
		22.	4.	25.	5.	16.	23.	24.	20.	28.	1.	7.	26.	
		11.	17.	15.	8.	30.								
SA-CPP	292	12.	6.	26.	20.	19.	23.	15.	2.	7.	29.	13.	1.	67.234
		28.	27.	5.	22.	21.	3.	16.	8.	10.	25.	24.	11.	
		18.	9.	17.	4.	30.	14.							

หมายเหตุ: สีแดง คือกล่องที่สามารถบรรจุลงไปได้



รูปที่ 6 รูปการจัดวางแบบ SA-AOT



รูปที่ 7 รูปการจัดวางแบบ SA-CPP

การอภิปรายผล

จากงานวิจัยนี้เราได้ศึกษาและนำเสนอรูปแบบการบรรจุกล่องสินค้าลงในตู้คอนเทนเนอร์ โดยได้ประยุกต์ใช้วิธีแบบจำลองอบเหนียว (Simulate Annealing) โดยวิธีดังกล่าวได้นำแนวคิดมาจาก Rao and Lyengar (1994) โดยนำมาประยุกต์ใช้ต่อในเรื่องของการบรรจุกล่องสินค้าเพื่อนำเสนอให้ผู้ประกอบการขนส่ง ผู้นำเสนอได้นำเสนอปัญหาการบรรจุสินค้าลงในตู้คอนเทนเนอร์ โดยใช้วิธีแบบจำลองอบเหนียวร่วมกับรูปแบบการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามแกน SA-AOT และแบบจำลองอบเหนียวร่วมกับรูปแบบการจัดวางแบบจุดมุม SA-CPP โดยนำเสนอปัญหาการบรรจุ 2 ตัวอย่างด้วยกันก็คือ ตู้คอนเทนเนอร์มีขนาด $7 \times 7 \times 7$ เมตร³ บรรจุกล่องสินค้าที่มีขนาดกล่องแตกต่างกันทั้งหมด จำนวน 30 กล่อง และตู้คอนเทนเนอร์มีขนาด $7 \times 7 \times 7$ เมตร³ บรรจุกล่องสินค้าที่มีขนาดแตกต่างกันทั้งสิ้น 6 ขนาด จำนวน 30 กล่องเช่นเดียวกันจากการทดสอบพบว่าวิธีแบบ SA-CPP ใช้เวลาในการบรรจุน้อยกว่าวิธี SA-AOT เนื่องจากวิธีการจัดวางแบบ AOT จะมีอัลกอริทึมการจัดวางที่ซับซ้อน จึงทำให้วิธีการแบบ SA-CPP เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดเรียงในด้านอุตสาหกรรมขนส่งสินค้า

บทสรุป

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดวางแบบ SA-AOT และ SA-CPP ทั้ง 2 แบบให้ผลเฉลยที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในด้านของเวลาที่ใช้ในการประมวลผล การนำวิธีการจัดวางแบบ SA-AOT สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่ไม่มีความเร่งด่วนทางด้านเวลาและใช้ในการประมวลผลที่มีแม่นยำระดับสูง ส่วนวิธีการจัดวางแบบ SA-CPP สามารถนำไปใช้ในงานที่ต้องการผลที่รวดเร็วและใช้ในการประมวลผลที่มีแม่นยำระดับปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน

เอกสารอ้างอิง

- ธัญญธรณ์ ทองรีว. (2561). วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า. วิทยานิพนธ์หลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
- De A.A. and Figueiredo M.B. (2010). A particular approach for the three-dimensional packing problem with additional constraints. Computers and Operations Research. 37(11): 1968-1976.
- Hanan M.G., Bryan G.A. and Walid A.K. (2017). Three-dimensional container loading: A simulated annealing approach. International Journal of Applied Engineering Research. 12(7): 1290-1304.
- Jens E., Claudio G., Stefano L. and David P. (2010). Heuristics for container loading of furniture. 200: 881-892.
- Rao R.L. and Lyengar S.S. (1994). Bin-packing by simulated annealing. International Journal of Applied Engineering Research. 27(5): 71-82.

Received: November 13, 2020; Revised: January 21, 2021; Accepted: March 15, 2021

ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของพืชสกุลตูบหมูป (วงศ์ขิง) ในจังหวัดมหาสารคาม
Diversity and traditional utilization of the genus *Kaempferia* (Zingiberaceae)
in Maha Sarakham Province

สุรพล แสนสุข^{1*} ปิยะพร แสนสุข¹ และอารีรัตน์ รักษาศิลป์²
Surapon Saensouk^{1*}, Piyaporn Saensouk¹ and Areerat Ragsasilp²

¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม²คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

*Corresponding Author E-mail Address : surapon.s@msu.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาความหลากหลายและการใช้ประโยชน์พื้นบ้านพืชสกุลตูบหมูป (วงศ์ขิง) ในจังหวัดมหาสารคาม โดยศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 พบพืชสกุลตูบหมูป จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ *Kaempferia angustifolia* Rosc. (ปราบสมุทร), *K. galanga* L. (เปราะหอม), *K. gilbertii* W.Bull. (สาริกาไลน์ทอง), *K. mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk (ตูบหมูปมหาสารคาม), *K. marginata* Carey, *K. parviflora* Wall. ex Baker (ตูบหมูป), *K. pulchra* Ridl. (ว่านนกคุ้ม) และ *K. rotunda* L. (ว่านหวานนอน) สามารถสร้างรูปวิธานจำแนกชนิดจากลักษณะสัณฐานวิทยาพืชที่พบในป่าธรรมชาติมี 3 ชนิด อีก 5 ชนิดเป็นพืชที่นำมาปลูกในบ้านเรือนในจำนวนทั้งหมดมี 1 ชนิดที่พบทั้งในธรรมชาติและพืชปลูก คือ *K. rotunda* L. พบพืชหายากและเป็นพืชถิ่นเดียว 1 ชนิด คือ *Kaempferia mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk รายงานการใช้ประโยชน์พื้นบ้าน 5 ด้าน ได้แก่ พืชสมุนไพร (4 ชนิด) พืชมงคล (4 ชนิด) พืชไม้ประดับ (3 ชนิด) พืชอาหาร (2 ชนิด) และพืชใช้เป็นยาชูกำลัง (1 ชนิด) ส่วนของพืชที่นำมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ ทั้งต้น เหง้าและใบ

คำสำคัญ: พืชสกุลตูบหมูป การใช้ประโยชน์พื้นบ้าน ความหลากหลาย จังหวัดมหาสารคาม

Abstract

Diversity and traditional utilization of the genus *Kaempferia* (Zingiberaceae) in Maha Sarakham Province is studied between October 2018 and September 2019. Eight species of *Kaempferia*, namely *Kaempferia angustifolia* Rosc. (Prab-Sa-Mut), *K. galanga* L. (Proa-Hom), *K. gilbertii* W.Bull. (Sa-ri-Ka-Lin-Thong), *K. mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk (Toob-Moob-Mahasarakham), *K. marginata* Carey (Toob-Moob), *K. parviflora* Wall. ex Baker (Kra-Chai-Dam), *K. pulchra* Ridl. (Wan-Nok-Kum) and *K. rotunda* L. (Wan-How-Non) are recognized. The Key to species of the genus *Kaempferia* in Maha Sarakham Province is constructed from morphology. There are three species of plants found in

natural forests. The other five species are plants that are grown in homes. Among the total, there is one species found both in nature forests and cultivation, namely *K. rotunda* L. One rare and endemic plant, *Kaempferia mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk. has been found. The traditional utilizations of *Kaempferia* are reported five uses which are herbs (4 species), rituals (4 species), ornamental plants (3 species), food plants (2 species) and tonic plants (1 species). The most parts of the plants utilized include pseudostem, rhizomes and leaves.

Keywords: *Kaempferia*, Traditional utilization, Diversity, Maha Sarakham Province

บทนำ

พืชสกุลตูปทุมหรือ สกุล *Kaempferia* อยู่ภายใต้วงศ์ย่อย Zingiberoideae เผ่า Zingibereae วงศ์ Zingiberaceae ชื่อสกุลตั้งตามนายแพทย์ชาวเยอรมัน Engelbert Kaempfer (1651–1716) เป็นพืชล้มลุกหลายปี ลักษณะเด่นของพืชสกุลตูปทุม คือ ทุกส่วนของพืชมีกลิ่นหอมของน้ำมันหอมระเหย โดยเฉพาะส่วนของเหง้าจะมีกลิ่นและมีน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด กลีบปากแผ่แบนและปลายเว้าลึกแบ่งเป็นสองพู มีรยางค์ที่ปลายของอับเรณู บางชนิดใบแผ่แบนติดผิวดิน บางชนิดใบตั้งขึ้น พืชสกุลนี้มีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อนตั้งแต่ อินเดีย จีนตอนใต้ ไปจนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทั่วโลกพบพืชสกุลนี้ประมาณ 60 ชนิด พบเฉพาะในแถบเอเชีย พืชสกุลนี้ในไทยมีมากกว่า 25 ชนิด ในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์จากพืชสกุลตูปทุม ได้แก่ เป็นอาหาร เช่น ตูปทุม (*Kaempferia marginata*) เป็นสมุนไพร เช่น กระชายดำ (*K. parviflora*) เป็นไม้ประดับ เช่น ว่านนกคัลม (*K. pulchra*) เป็นน้ำหอม เช่น ตูปทุม เป็นเครื่องสำอาง เช่น ตูปทุม (Larsen and Larsen, 2006) มีนักพฤกษศาสตร์หลายท่านได้มีการศึกษาพืชสกุลตูปทุมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ สุรพล และคณะ (2556;2560) ลลิตา และคณะ (2557) สุรพล และคณะ (2560) Saensouk et al. (2016) และ Saensouk et al. (2018)

จังหวัดมหาสารคาม เป็นจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่ราบสูงไม่มีภูมิเขา สภาพดินเป็นดินทราย สภาพป่าเป็นป่าเต็งรัง ปัจจุบันสภาพป่าที่สมบูรณ์เหลือน้อยลง ทำให้พืชป่าหลายชนิดหายไป นอกจากนี้ในแต่ละชุมชนยังมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติรอบตัว และนำพืชมาจากชุมชนอื่นมาปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในบ้านเรือนของตนเอง พืชสกุลตูปทุมเป็นพืชสกุลหนึ่งที่สามารถพบได้ทั่วไปและกระจายพันธุ์ได้ดีในป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือรวมทั้งในจังหวัดมหาสารคาม ก่อนหน้านี้มีการค้นพบพืชชนิดใหม่ของโลก 1 ชนิดและเป็นพืชหายากและพืชถิ่นเดียว คือ ตูปทุมมหาสารคาม หรือ *Kaempferia mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk (Saensouk and Saensouk, 2019) นอกจากนี้ยังพบว่าพืชสกุลตูปทุมหลายชนิดนำมาปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ตามบ้านเรือน ดังนั้นจึงพบว่ามีการใช้ประโยชน์พืชสกุลตูปทุมค่อนข้างมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและในจังหวัดมหาสารคาม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ มีความสนใจศึกษาความหลากหลายและการใช้ประโยชน์จากพืชสกุลตูปทุมในจังหวัดมหาสารคามเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาด้านต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

สำรวจเก็บข้อมูลความหลากหลายและการใช้ประโยชน์พื้นบ้านพืชสกุลตูปทุม โดยการลงพื้นที่สำรวจและสอบถามการใช้ประโยชน์พื้นบ้านของพืชสกุลตูปทุมจากชาวบ้านในพื้นที่ชุมชน 13 หมู่บ้านในจังหวัดมหาสารคาม ได้แก่ บ้านดินคำ (ต.แก้ง อ.เมือง) บ้านเชียงเหียน (ต.เชียงเหียน อ.เมือง) วัดป่าวังเลิง (ต.ท่าขอนยาง อ.กันทรวิชัย) บ้านท่าขอนยาง (ต.ท่าขอนยาง อ.กันทรวิชัย) บ้านขามเรียง (ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย) บ้านนาข่า (ต.นาข่า อ.นาหว้า) บ้านหัวขัว (ต.แกดำ อ.แกดำ) บ้านนาเชือก

(ต.นาเชือก อ.นาเชือก) บ้านหนองบัวแดง (ต.เขวาสินรินทร์ อ.นาเชือก) บ้านหนองคูน้อย (ต.เขวาสินรินทร์ อ.นาเชือก) บ้านกำพี้ (ต.กำพี้ อ.บรบือ) บ้านแก่นท้าว (ต.เม็กดำ อ.พยัคฆภูมิพิสัย) และบ้านหัวขัว (ต.แก้งแก อ.โกสุมพิสัย) โดยศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 สอบถามชื่อท้องถิ่น บันทึกข้อมูล บันทึกภาพ ขั้นตอนและวิธีการใช้ประโยชน์นำไปตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์จากหนังสือชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557 (สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2557) สุรพล และคณะ (2560) Larsen and Larsen (2006) Saensouk and Saensouk (2019) และประสบการณ์จากความเชี่ยวชาญพืชวงศ์ขิงของผู้วิจัยที่ศึกษามากกว่า 20 ปี

ผลการวิจัย

จากการศึกษาความหลากหลายและการใช้ประโยชน์พื้นบ้านของพืชสกุลตูบหมูปในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม พบพืชสกุลตูบหมูปที่มีการนำมาใช้ประโยชน์พื้นบ้านดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1-8

1. ความหลากหลายของพืชสกุลตูบหมูปในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

การศึกษาความหลากหลายของพืชสกุลตูบหมูปในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม พบพืชสกุลตูบหมูป และมีการนำมาใช้ประโยชน์พื้นบ้านจำนวน 8 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1-8 พบว่าพืชทั้ง 8 ชนิดสามารถนำลักษณะสัณฐานวิทยามาใช้จำแนกโดยสร้างเป็นรูปวิธานระดับชนิดได้ดังนี้

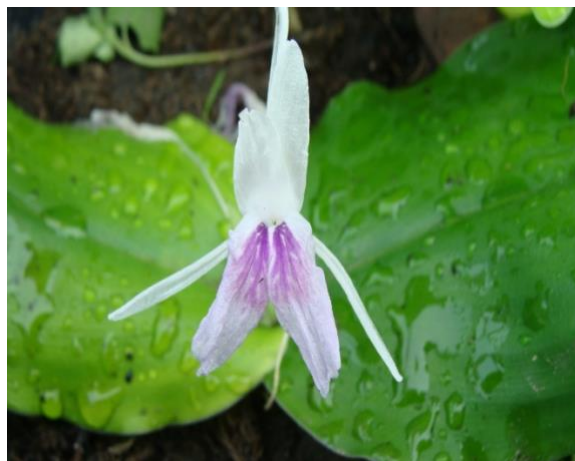
รูปวิธานจำแนกชนิดพืชสกุลตูบหมูปในจังหวัดมหาสารคาม

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. ช่อดอกเกิดก่อนลำต้นเหนือดิน | <i>K. rotunda</i> |
| ช่อดอกเกิดที่ตรงกลางของลำต้นเหนือดิน | 2 |
| 2. เนื้อในเหง้าสีน้ำตาลเข้มหรือดำ | <i>K. parviflora</i> |
| เนื้อในเหง้าสีเหลืองอ่อน สีครีม | 3 |
| 3. แผ่นใบแบนราบดินผิวดิน | 4 |
| แผ่นใบตั้งตรงหรือตั้งเฉียงจากผิวดิน | 5 |
| 4. ขอบใบมีสีม่วง | <i>K. marginata</i> |
| ขอบใบสีขาวหรือสีเขียวอ่อน | <i>K. galanga</i> |
| 5. ดอกสีม่วง | <i>K. pulchra</i> |
| ดอกสีขาว | 6 |
| 6. ใบลาย | <i>K. gilbertii</i> |
| ใบไม่ลาย | 7 |
| 7. ขอบใบมีสีม่วง ผิวใบด้านล่างสีเขียวปนม่วง | <i>K. mahasarakhamensis</i> |
| ขอบใบสีเขียวอ่อน ผิวใบด้านล่างสีเขียวอ่อน | <i>K. angustifolia</i> |

ตารางที่ 1 ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์พื้นบ้านของพืชสกุลตูปหมูปในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	นิเวศวิทยา	แหล่งที่พบ	การใช้ประโยชน์พื้นบ้าน
<i>Kaempferia angustifolia</i> Rosc.	ปราบสมุทร	พืชปลูก	- วัดป่าวังเลิง ต.ท่า ขอนแก่น อ.กันทรวิชัย - บ้านหัวขัว ต.แกดำอ. แกดำ - บ้านนาข่า ต.นาข่า อ.นาइन	ทั้งต้นเป็นสมุนไพรและเป็นไม้ มงคลปลูกไว้หน้าบ้านให้ค้าขาย ดี
<i>K. galanga</i> L.	เปราะหอม	พืชปลูก	- บ้านท่าขอนแก่น ต. ท่าขอนแก่น อ.กันทร วิชัย - บ้านขามเรียง ต.ขาม เรียง อ.กันทรวิชัย	ทั้งต้นเป็นสมุนไพรและเป็นไม้ มงคลปลูกไว้หน้าบ้านให้ค้าขาย ดี
<i>K. gilbertii</i> W.Bull.	สาริกาถิ่นทอง	พืชปลูก	- บ้านดินดำ ต.แก้ง อ. เมือง - บ้านขามเรียง ต.ขาม เรียง อ.กันทรวิชัย	ทั้งต้นเป็นไม้ประดับและ ไม้มงคลปลูกไว้หน้าบ้านให้ ค้าขายดี
<i>K. mahasarakhamensis</i> Saensouk & P. Saensouk	ตูปหมูป มหาสารคาม	ป่าเต็งรัง	- บ้านนาเชือก ต.นา เชือก อ.นาเชือก	ใบอ่อนเป็นผักสดและนำไปปรุง อาหารเพื่อดับกลิ่นคาว
<i>K. marginata</i> Carey	ตูปหมูป	ป่าเต็งรัง	- บ้านนาข่า ต.นาข่า อ.นาइन - บ้านหนองบัวแดง อ. นาเชือก - บ้านกำพี้ ต.กำ พี้ อ.บรบือ - บ้านหนองคูน้อย ต. เขวาสี อ.นาเชือก - บ้านหัวขัว ต.แก้งแก อ.โกสุมพิสัย - บ้านแก่นท้าว ต.เม็ก ดำ อ.พยัคฆภูมิพิสัย	ใบอ่อนเป็นผักสดและนำไปปรุง อาหารเพื่อดับกลิ่นคาว เช่น ห่อหมก กุ้งก่า อ่อมกบ
<i>K. parviflora</i> Wall. ex Baker	กระชายดำ	พืชปลูก	- บ้านดินดำ ต.แก้ง อ. เมือง - บ้านขามเรียง ต.ขาม เรียง อ.กันทรวิชัย - วัดป่าวังเลิง ต.ท่า ขอนแก่น อ.กันทรวิชัย	เหง้าเป็นสมุนไพรและนำไปดอง เหล้าเป็นยาชูกำลัง

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	นิเวศวิทยา	แหล่งที่พบ	การใช้ประโยชน์พื้นบ้าน
			- บ้านหัวขัว อ.แกด้า	
<i>K. pulchra</i> Ridl.	ว่านนกคุ้ม	พืชปลูก	- บ้านดินดำ ต.แก้ง อ.เมือง - บ้านขามเรียง ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย - วัดป่าวังเลิง ต.ท่าขอนยาง อ.กันทรวิชัย - บ้านหัวขัว ต.แกด้า อ.แกด้า	ทั้งต้นเป็นไม้ประดับ
<i>K. rotunda</i> L.	ว่านทวนอน	ป่าเต็งรัง และพืชปลูก	- บ้านเชียงเหียน ต.เชียงเหียน อ.เมือง - บ้านดินดำ ต.แก้ง อ.เมือง - บ้านขามเรียง ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย - วัดป่าวังเลิง ต.ท่าขอนยาง อ.กันทรวิชัย - บ้านหัวขัว อ.แกด้า	ทั้งต้นเป็นสมุนไพรไม้ประดับ และเป็นไม้มงคลปลูกไว้หน้าร้านให้ค้าขายดี

รูปที่ 1 *Kaempferia angustifolia* Rosc. (ปราบสมุทร)รูปที่ 2 *Kaempferia galanga* L. (เปราะหอม)



รูปที่ 3 *Kaempferia gilbertii* W.Bull. (สาริกาลิ้นทอง)



รูปที่ 4 *Kaempferia pulchra* Ridl. (ว่านนกคุ้ม)



รูปที่ 5 *Kaempferia marginata* Carey (ตูปทุม)



รูปที่ 6 *Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker (กระชายดำ)



รูปที่ 7 *Kaempferia mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk (ตูปทุมมหาสารคาม)



รูปที่ 8 *Kaempferia rotunda* L. (ว่านหวานอน)

2. นิเวศวิทยา

พืชที่พบในป่าธรรมชาติมี 3 ชนิด คือ *Kaempferia mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk (ตูปทุมมหาสารคาม), *K. marginata* Carey (ตูปทุม) และ *K. rotunda* L. (ว่านหวานอน) อีก 5 ชนิด เป็นพืชที่นำมาปลูกในบ้านเรือน ในจำนวนทั้งหมดมี 1 ชนิดที่พบทั้งในธรรมชาติและพืชปลูก คือ *K. rotunda* L. (ว่านหวานอน) (ตารางที่ 1)

3. การใช้ประโยชน์พื้นบ้าน

ชุมชนในจังหวัดมหาสารคามนำพืชสกุลตูปทุม 8 ชนิดมาใช้ประโยชน์ดังนี้ พืชสมุนไพร มี 4 ชนิด คือ *K. angustifolia* Rosc. (ปราบสมุทร), *K. galanga* L. (เปราะหอม), *K. parviflora* Wall. ex Baker (กระชายดำ) และ *K. rotunda* L. (ว่านหวานอน) พืชมงคล มี 4 ชนิด ได้แก่ *K. angustifolia* Rosc. (ปราบสมุทร), *K. galanga* L. (เปราะหอม), *K. gilbertii* W.Bull. (สาริกาลิ้นทอง) และ *K. rotunda* L. (ว่านหวานอน) พืชไม้ประดับ มี 3 ชนิด ได้แก่ *K. gilbertii* W.Bull. (สาริกาลิ้นทอง), *K. pulchra* Ridl. (ว่านนกคุ้ม) และ *K. rotunda* L. (ว่านหวานอน) พืชอาหาร มี 2 ชนิด คือ *K. mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk (ตูปทุมมหาสารคาม) และ *K. marginata* Carey (ตูปทุม) และ พืชใช้เป็นยาชูกำลัง มี 1 ชนิด คือ *K. parviflora* Wall. ex Baker (กระชายดำ) (ตารางที่ 1)

4. สถานภาพการอนุรักษ์

พบว่าพืชหายากและเป็นพืชถิ่นเดียว 1 ชนิด คือ *Kaempferia mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk (ตูปทุมมหาสารคาม)

บทสรุป

พืชสกุลตูปทุมในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามมีจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ *Kaempferia angustifolia* Rosc. (ปราบสมุทร), *K. galanga* L. (เปราะหอม), *K. gilbertii* W.Bull. (สาริกาลิ้นทอง), *K. mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk (ตูปทุมมหาสารคาม), *K. marginata* Carey (ตูปทุม), *K. parviflora* Wall. ex Baker (กระชายดำ), *K. pulchra* Ridl. (ว่านนกคุ้ม) และ *K. rotunda* L. (ว่านหวานอน) โดยจากการสำรวจพบว่า *K. marginata* Carey (ตูปทุม) มีการกระจายพันธุ์มากที่สุด คือ 6 พื้นที่ (ตารางที่ 1) รองลงมาคือ *K. rotunda* L. (ว่านหวานอน) ลำดับต่อมาที่มีการกระจายพันธุ์ชนิดละ 4 พื้นที่ พบ 2 ชนิด คือ *K. parviflora* Wall. ex Baker (กระชายดำ) และ *K. pulchra* Ridl. (ว่านนกคุ้ม) นอกจากนี้ยังพบพืชที่เป็นพืชหายากและเป็นพืชถิ่นเดียว 1 ชนิด คือ *Kaempferia mahasarakhamensis* Saensouk & P. Saensouk หรือ ตูปทุมมหาสารคาม (Saensouk and Saensouk, 2019) นำลักษณะพื้นฐานวิทยามาจัดทำรูปวิธานเพื่อจำแนกชนิดดังนี้ สีของเหง้า ลำต้นเหนือดิน ใบ แผ่นใบ การเกิดช่อดอก และสีดอก ชุมชนมีการนำพืชสกุลตูปทุมนำมาใช้ประโยชน์พื้นบ้าน ได้แก่ เป็นพืชอาหาร พืชสมุนไพร พืชใช้เป็นยาชูกำลัง พืชไม้ประดับ และพืชมงคล โดยพบว่าการใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพรและพืชมงคลมากที่สุดคือ 4 ชนิด จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ จรรย์ และคณะ (2559) และสุพล และคณะ (2560) การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาครั้งแรกในจังหวัดมหาสารคาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณชาวบ้านทุกท่านที่ให้ข้อมูลจนเกิดบทความวิจัยฉบับนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่อ่านและตรวจสอบบทความวิจัยฉบับนี้จนสามารถเผยแพร่ได้

เอกสารอ้างอิง

- จรรย์ มากน้อย, สุรพล แสนสุข, เกศริน มณีมน และวิทยา ปองอมรกุล. (2559). การใช้ประโยชน์พืชวงศ์ขิง. องค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.
- ลลิตา คำแท่ง, สุรพล แสนสุข, ปิยะพร แสนสุข และสุภารัตน์ ถนอมแก้ว. (2557). ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ของพืชวงศ์ขิงในอุทยานแห่งชาติภูแลนคา จังหวัดชัยภูมิ. วารสารวิจัย มข., 19(6): 794-803.
- สุรพล แสนสุข, ปิยะพร แสนสุข และธาดา สังข์ทอง. (2557). พืชวงศ์ขิงในอุทยานประวัติศาสตร์พระบาท อ.บ้านฝื่อ จ.อุดรธานี. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย, 5(2): 99-105.
- สุรพล แสนสุข, ปิยะพร แสนสุข และณชยุต จันทิโชติกุล. (2560). ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์พื้นบ้านของพืชวงศ์ขิงในจังหวัดหนองคาย ประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 45(3): 574-594.
- สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. (2557). ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืชกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- Larsen, K. and Larsen, S.S. (2006). Gingers of Thailand. Queen Sirikit Botanic Garden, Chiang Mai, Thailand.
- Saensouk, S., Saensouk, P., Pasorn, P. and Chantaranonthai, P. (2016). Diversity, Traditional Uses and New Record of Zingiberaceae in Nam Nao National Park, Petchabun Province, Thailand. Agriculture and Natural Resources. 50: 445-453.
- Saensouk, S. and Saensouk, P. Pasorn, P. and Chanshotikul, N. (2018). Diversity and traditional uses of Zingiberaceae in Nakhon Phanom province, Thailand. Research & Knowledge, 4 (1): 47-55.
- Saensouk, S. and Saensouk, P. (2019). *Kaempferia mahasarakhamensis* sp. nov. (Zingiberaceae), a new species from Northeastern Thailand. Taiwan, 64(1): 39-42.

Received: December 14, 2020; Revised: March 4, 2021; Accepted: March 15, 2021

การเพิ่มสมรรถนะการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของเป็ดบาบาร์โดยการใช้เชื้อโตนัส ยีสต์เสริมในอาหาร

Improving growth performance and economic return of Babary ducks by
using autolysis yeast supplemented in the diet

นิรุจน์ พันธศรี^{1*} และชยพล มีพร้อม²

Nirut Phansri ^{1*} and Chayapol Meeprom²

¹กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ สำนักงานปศุสัตว์ จังหวัดบุรีรัมย์

²คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail Address : chayapol.me@muti.ac.th

บทคัดย่อ

แนวโน้มของการใช้ฟรีไบโอติกเพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น มีการนำผลพลอยได้หรือผลผลิตร่วมจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรที่มีคุณสมบัติในการเป็นฟรีไบโอติกสำหรับสัตว์มาใช้โดยคาดหวังให้สัตว์มีการเจริญเติบโตที่ดีซึ่งเชื้อโตนัสยีสต์เป็นหนึ่งในฟรีไบโอติกที่ได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติในการช่วยให้สัตว์มีการเจริญเติบโตที่ดี วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงศึกษาการนำเชื้อโตนัสยีสต์เสริมในอาหารของเป็ดบาบาร์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต โดยใช้เป็ดบาบาร์คละเพศอายุ 10 วัน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 59.03 ± 5.86 กรัม จำนวน 96 ตัว ถูกนำมาจัดแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม 4 ซ้ำ ๆ ละ 6 ตัว ประกอบด้วยกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเชื้อโตนัสยีสต์ที่ระดับ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ระยะเวลาการทดลองออกเป็น 4 ช่วง คือช่วงที่ 1 สัปดาห์ที่ 1-2 ช่วงที่ 2 สัปดาห์ที่ 3-4 ช่วงที่ 3 สัปดาห์ที่ 5-6 และช่วงที่ 4 สัปดาห์ที่ 7-8 ผลการทดลองพบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 2 การเสริมเชื้อโตนัสยีสต์ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด ($p < 0.10$) อย่างไรก็ตามเมื่อเสริมเชื้อโตนัสยีสต์มากกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีแนวโน้มของน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่ากลุ่มควบคุม การเสริมเชื้อโตนัสยีสต์ที่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงสัปดาห์ที่ 5-6 พบว่าการเจริญเติบโตที่สูงสุดและมีการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) นอกเหนือจากนั้นยังพบว่าเป็ดบาบาร์ที่เสริมเชื้อโตนัสยีสต์ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์มีราคาในการจำหน่ายและกำไรสูงสุด ($p < 0.05$) จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณที่เหมาะสมต่อการเสริมเชื้อโตนัสยีสต์อยู่ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ให้ผลต่อสมรรถนะการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีที่สุด

คำสำคัญ: เป็ดเนื้อ เชื้อโตนัสยีสต์ สมรรถนะการผลิต ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

Abstract

Trend to using prebiotic replacement for antibiotic in livestock industry was enlarged. Many agro-industrial byproduct and coproduct were used to prebiotic function and expected their results to improve growth performance. The aim of this experiment was to evaluate growth performance of Babary ducks when supplemented autolysis yeast in the diet. Ninety-six Babary ducks averaging 59.03 ± 5.86 g body weight and 10d aging were used. The experimental design was completely randomized design. The animals were conducted into four group. For each group was four replicates with six ducks for replicate. Treatments were control and supplemented autolysis yeast at 0.1, 0.2 and 0.3 percentage. The experiment lasted for 8 weeks with four periods including period 1 during 1–2 week, period 2 during 3–4 week, period 3 during 5–6 week and period during 7–8 week. The results showed that in during week 2 period supplementation of autolysis yeast at 0.1 percent tended to higher growth performance ($p < 0.10$). However, when supply autolysis yeast up to 0.2 percent found that body weight and body weight gain were greater than control group similar the result in 5–6 weeks period. Additional autolysis yeast at 0.1 percent had higher growth performance and feed conversion ratio than control group. Moreover, Babary ducks received 0.1% autolysis yeast showed high salable bird return and net profit ($p < 0.05$). It can be concluded that optimize level for supplementation autolysis yeast is 0.1 percentage resulted to great performance and economic return.

Keywords: Duck, Autolysis yeast, Growth performance, Economic return

บทนำ

การใชยาปฏิชีวนะนอกเหนือจากใช้เพื่อบำบัดการก่อโรคโดยจุลชีพที่เป็นโทษในร่างกายแล้วยังสามารถใช้รูปแบบของการป้องกันและส่งเสริมการเจริญเติบโตของสัตว์ได้อีกด้วย หรือที่เรียกว่า Antibiotic Growth Promoter (AGP) และได้มีความพยายามที่จะนำ Antibiotic Growth Promoter มาผสมในอาหารสัตว์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามด้วยประเด็นที่ผู้บริโภคมีความกังวลต่อการใชยาปฏิชีวนะที่อาจตกค้างและส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคอาหารที่มีการตกค้างของยาปฏิชีวนะอยู่ และส่งผลต่อการดื้อยาในอนาคตจึงมีความพยายามค้นหาสิ่งทดแทนการใชยาปฏิชีวนะ เช่นการใช้ผนังเซลล์ยีสต์ (Yeast Cell Wall) ซึ่งอุดมไปด้วยโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (Non-Starch Polysaccharide; NSP) ส่งผลต่อสุขภาพของตัวสัตว์ซึ่งได้แก่แมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ (Mannan oligosaccharides) และเบต้า-กลูแคน (β -glucan) (Spring et al., 2015) โดยเฉพาะยีสต์จำพวก *Saccharomyces Cerevisiae* จะมีแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์และเบต้า-กลูแคนอยู่ที่ 25-70 และ 30-60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง (Aguilar-Uscanga and Francois, 2003; Orlean, 2012) ซึ่งแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกาะจับระหว่างเชื้อก่อโรคกับเยื่อผนังลำไส้โดยการจับกับแบคทีเรียก่อโรคที่เป็นแกรมลบซึ่งส่วนใหญ่จะได้แก่แบคทีเรียจำพวก *Salmonella* Spp. และ *Escherichia coli* เมื่อแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์เข้าจับกับแบคทีเรียจะส่งผลให้แบคทีเรียไม่สามารถเกาะจับกับผนังลำไส้ได้และถูกขับถ่ายออกไปพร้อมกับอาหารที่ไม่ถูกย่อยจึงทำให้สัตว์มี

สุขภาพดีขึ้นและเป็นเหตุให้สัตว์มีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้นมีอัตราแลกเนื้อที่ลดลง (Shurson, 2018) ในส่วนของเบต้ากลูแคนจะทำให้หน้าที่ในการกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันได้ โดยโครงสร้างของเบต้า 1,3 และเบต้า 1,6 กลูแคนที่ผนังเซลล์ยีสต์สามารถจับแบบจำเพาะเจาะจงกับตัวรับ ของเซลล์ที่ทำหน้าที่กลืนทำลายสิ่งแปลกปลอมหรือเซลล์แมคโครเฟจ (Macrophage) ซึ่งมีลักษณะเป็นไกลโคโปรตีนพบอยู่บริเวณเซลล์เยื่อบุผิว (Herre et al., 2004) โดยในปัจจุบันได้มีการพยายามนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเอทานอลนั้นคือออโตไลซิสยีสต์ ออโตไลซิสยีสต์คือยีสต์ได้ผ่านกระบวนการย่อยตนเองโดยใช้เอนไซม์ที่ยีสต์ผลิตขึ้นจาก Vacuole การย่อยตนเองของยีสต์นั้นเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเองได้ตามธรรมชาติเมื่อมีอุณหภูมิที่เหมาะสมและอยู่ในระยะ Death phase การให้ยีสต์ทำการย่อยตนเอง Cell membrane ของยีสต์จะหายไป คงเหลือในส่วนของ นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) เปปไทด์ (Peptide) และ ผนังเซลล์ที่จับกันเป็นโครงสร้างกันอยู่ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ เบต้ากลูแคน (Vukašinović-Milić et al., 2007) การใช้ออโตไลซิสยีสต์จึงจะมีวัตถุประสงค์ในแง่ของการให้คุณสมบัติเพื่อเป็นพรีไบโอติกในส่วนของยีสต์มีชีวิตจะเป็นการทำงานในแง่ของโพรไบโอติก ซึ่งมีการวิจัยพบว่าการใช้ออโตไลซิสยีสต์เสริมในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของไก่เนื้อได้และยังทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวลดลงอีกด้วย (Ahiwe et al., 2020) ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีสมมุติฐานว่าการใช้ออโตไลซิสยีสต์ในอาหารเพื่อเลี้ยงเป็ดบาบารี่จะสามารถทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตที่ดีได้

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง

เป็ดบาบารี่คละเพศอายุ 10 วัน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 59.03 ± 5.86 กรัม จำนวน 96 ตัว ถูกนำมาจัดแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และทำการสุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 6 ตัว ได้แก่งุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมออโตไลซิสยีสต์ที่ระดับ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร โดยจะทำการเสริมยีสต์โดยนำไปผสมกับอาหารสำเร็จรูปที่มีลักษณะเป็น Crumble ตามที่กำหนดไว้ให้เข้ากันก่อนนำไปให้เป็ดกิน ซึ่งเป็ดทุกตัวจะได้รับอาหารที่มีโภชนาตามที่ระบุไว้ใน National Research Council (1994) เป็ดจะได้รับอาหารอย่างเต็มที่ (*Ad libitum*) ทำการให้อาหารวันละ 2 มื้อ ได้แก่เวลา 06.00 และ 16.00 น. เป็ดในแต่ละซ้าจะอยู่อย่างอิสระต่อกันและมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา แบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 4 ช่วง ๆ ละ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 8 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการทดลองเป็นจะอยู่ในโรงเรือนระบบเปิดอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงการทดลองอยู่ระหว่าง 34-37 องศาเซลเซียส ขนาดคอกที่ใช้สำหรับการเลี้ยงเป็ดแต่ละซ้าจะเท่ากับ 100x120x140 เซนติเมตร ใช้วัสดุรองนอนได้แก่แกลบซึ่งจะมีการกลับแกลบทุก 2 สัปดาห์โดยไม่มีการเปลี่ยนแกลบใหม่

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผล

ดำเนินการชั่งน้ำหนักตัวเปิดในช่วงเริ่มการทดลองและสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วง 2 สัปดาห์ ทำการชั่งในช่วงเช้านก่อนทำการให้อาหารโดยการชั่งทุกตัวเพื่อนำข้อมูลมาคำนวณหาน้ำหนักตัว (Body Weight; BW) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Body Weight Gain; BWG) ปริมาณการกินอาหาร (Feed Intake; FI) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed Conversion Ratio; FCR) จะทำเก็บข้อมูลทุกวันตลอดช่วงการทดลอง โดยทำการบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละมื้อและข้อมูลราคาอาหาร (Feed cost) ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัว และราคาขายของเป็ด ไปคำนวณหาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เช่น ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวต่ออีกโลกรัม (Feed Cost Gain, FCG) ต้นทุนทั้งหมด (Total cost) ผลตอบแทนจากการขายเป็ด (Salable bird return) และกำไรสุทธิ (Net profit)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลน้ำหนักตัวสัตว์ ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จะถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนในรูปแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.05$ ระดับแนวโน้มที่ $0.10 < p > 0.05$ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้วิธีการ Duncan Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SAS University Edition

ผลการวิจัย

การเสริมอโตไลซิสยีสต์ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่ 1 พบว่ามีแนวโน้มว่าน้ำหนักตัวของเป็ดบารมีน้ำหนักตัวสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและเสริมอโตไลซิสยีสต์ที่ระดับ 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ นอกเหนือจากนั้นการเสริมในระดับที่ 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ยังพบว่ามีแนวโน้มที่ทำให้น้ำหนักตัวของเป็ดบารมีในช่วงนี้ลดลงไปอีกด้วย ($p < 0.10$) ในส่วนช่วงที่ 2 ของการทดลองไม่พบว่าการเสริมอโตไลซิสยีสต์ส่งผลปริมาณน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ในช่วงที่ 3 ของการทดลองการเสริมยีสต์อโตไลซิสที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวที่สูงที่สุด รองลงมาคือการเสริมที่ระดับ 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ แต่การเสริมที่ระดับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม เมื่อถึงช่วงที่ 4 พบว่าในสัตว์ทั้ง 4 กลุ่มทดลองมีน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับผลของการเสริมอโตไลซิสยีสต์ต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่ 1 ของการทดลองการเสริมอโตไลซิสยีสต์ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมระดับ 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.10$) แต่ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่ 2 ของการทดลอง ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามในช่วงที่ 3 การเสริมอโตไลซิสยีสต์ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีการเพิ่มของน้ำหนักตัวเป็ดบารมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกเหนือจากนั้นยังพบว่าการเสริมที่ระดับ 0.2 และ 0.3 มีการเจริญเติบโตที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงที่ 4 ของการทดลองการเสริมอโตไลซิสยีสต์ทั้ง 3 ระดับไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของเป็ดบารมี ($p > 0.05$)

ในส่วนปริมาณการกินได้ของเป็ดบารมีทั้ง 4 กลุ่มทดลองไม่พบว่าการเสริมอโตไลซิสยีสต์ไม่ส่งผลต่อการกินได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้ง 4 ช่วงของการทดลอง จึงเป็นเหตุให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของการเสริมอโตไลซิสยีสต์ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุดตามมาด้วยการเสริมที่ระดับ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับในช่วงที่ 3 ของการทดลอง ($p < 0.05$) แต่ในช่วง 1 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของเป็ดบารมีที่ทำการเสริมอโตไลซิสยีสต์ในอาหาร

Parameters	Autolysis yeast supplementation (%)				SEM	p-value
	0	0.1	0.2	0.3		
1-2 weeks						
BW (g)	409.2	459.9	378.6	351.8	13.30	0.071
BWG (g)	353.5	397.6	319.5	292.8	12.73	0.065
FI (g)	583.4	581.6	554.0	573.4	14.45	0.882

FCR	1.66	1.67	1.74	2.02	0.12	0.701
3-4 weeks						
BW (g)	1032.9	1215.3	1075.4	1092.6	45.42	0.547
BWG (g)	623.4	755.4	696.8	740.7	27.57	0.369
FI (g)	1600.5	1723.7	1567.5	1882.5	72.07	0.434
FCR	2.61	2.28	2.29	2.55	0.09	0.521
5-6 weeks						
BW (g)	1407.4 ^c	1811.3 ^a	1613.8 ^b	1549.6 ^{bc}	31.05	0.005
BWG (g)	374.5 ^b	646.0 ^a	563.4 ^{ab}	457.0 ^{ab}	31.10	0.044
FI (g)	2199.3	2557.5	2197.8	2526.9	78.52	0.241
FCR	7.12 ^a	4.20 ^c	5.30 ^b	7.83 ^a	0.19	<0.001
7-8 weeks						
BW (g)	2278.8	2878.4	2450.7	2504.3	86.71	0.151
BWG (g)	871.4	1,017.1	811.9	954.7	74.91	0.780
FI (g)	3198.3	3,550.3	2852.1	3365.3	133.62	0.341
FCR	4.12	3.49	3.85	3.68	0.15	0.761
1-8 weeks						
BW (g)	2278.8	2878.4	2450.7	2504.3	86.71	0.151
BWG (g)	2223.13	2816.10	2391.65	2445.33	86.249	0.154
FI (g)	7581.65	8413.14	7171.30	8348.15	299.56	0.348
FCR	3.41	2.99	3.00	3.41	0.13	0.606

หมายเหตุ: ^a ^b และ ^c ที่กำกับอยู่ในแต่ละแถวแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = Standard error of the mean

ในด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่าของการเสริมอโตไลซิสยีสต์พบว่าการเสริมยีสต์ทั้ง 3 ระดับไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนในการเพิ่มน้ำหนักตัว (Feed cost gain) ต้นทุนค่าอาหาร (Feed cost) และต้นทุนรวมทั้งหมด (Total cost) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามราคาในการจำหน่ายเปิดบารี่ของกลุ่มที่ทำการเสริมอโตไลซิสยีสต์ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารมีราคาในการจำหน่าย (Salable bird return) ที่ดีที่สุด ($p < 0.05$) โดยสามารถจำหน่ายเปิดได้ในราคาเฉลี่ย 273.45 บาทต่อตัว จากการที่ราคาในการจำหน่ายของเปิดกลุ่มที่ทำการเสริมอโตไลซิสยีสต์ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สูงที่สุดจึงทำให้กำไรสุทธิ (Net profit) ของเปิดกลุ่มนี้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเปิดกลุ่มอื่น ๆ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเสริมอโตไลซิสยีสต์ในเปิดบวบารี

Item	Level of supplementation (%)				S.E.M	p-value
	0	0.1	0.2	0.3		
Feed cost (Baht/kg)	13.50	13.54	13.58	13.63	-	-
Feed cost gain (Baht/kg)	49.45	43.44	43.65	49.71	20.68	0.388
Feed cost (Baht/bird)	109.03	122.33	104.40	124.04	6.18	0.119
Total cost (Baht/bird)	134.93	147.33	129.39	149.04	6.18	0.119
Salable bird return (Baht/bird)	216.48 ^b	273.45 ^a	232.82 ^{ab}	242.66 ^{ab}	12.73	0.048
Net profit (Baht/bird)	81.55 ^c	126.12 ^a	103.42 ^b	93.62 ^{bc}	6.58	0.003

หมายเหตุ: ^{a b} และ ^c ที่กำกับอยู่ในแต่ละแถวแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

S.E.M = Standard error of the mean

ค่าอาหารต่อกิโลกรัม 13.50 บาท ต้นทุนค่าอโตไลซิสยีสต์กิโลกรัมละ 42 บาท ลูกเปิดบวบารี 25 บาทต่อตัว
ราคาจำหน่ายเปิดกิโลกรัมละ 95 บาท

Feed cost gain = อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว × ค่าอาหารต่อกิโลกรัม

Feed cost = ปริมาณอาหารที่กินตลอดการทดลอง × ค่าอาหารต่อกิโลกรัม

Total cost = ราคาลูกเปิด + ต้นทุนค่าอาหารตลอดการทดลอง

Salable bird return = น้ำหนักเปิดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง × ราคาจำหน่ายเปิดต่อกิโลกรัม

Net profit = ราคาในการจำหน่ายเปิด - ต้นทุนรวมทั้งหมด

การอภิปรายผล

จากการทดลองการเสริมอโตไลซิสยีสต์ในเปิดบวบารีต่อสมรรถนะการผลิต พบว่ากลุ่มที่ทำการเสริมที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์มีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่สูงที่สุดในช่วง 0-2 และ 5-6 สัปดาห์ สอดคล้องกับการทดลองของ Yalçın et al. (2013) ทำการเสริมอโตไลซิสยีสต์ในระดับ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารของไก่เนื้อ พบว่าค่าน้ำหนักตัวของไก่เนื้อเมื่อทำการเสริมอโตไลซิสยีสต์ทั้ง 4 ระดับ มีค่าเพิ่มขึ้นในไก่เนื้ออายุน้อยกว่า 3 สัปดาห์ที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมในไก่ที่เสริมอโตไลซิสยีสต์ที่ระดับ 0.1, 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้นโดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อแต่เมื่อทำการศึกษาตลอดการทดลองจะพบว่าการเสริมอโตไลซิสยีสต์ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และปริมาณอาหารที่กิน ซึ่งในอโตไลซิสยีสต์ที่อุดมไปด้วยแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์จะส่งผลให้เปิดบวบารีมีสุขภาพที่ดีขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่เป็นโทษจะจับตัวเข้ากับแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์และขับออกจากระบบทางเดินอาหาร ซึ่ง Sohail et al. (2013) ได้ทำการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ในไก่เนื้อที่ระดับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มควบคุมโดยแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์จะช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในระบบทางเดินอาหารทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซึมดีขึ้น แต่หากเสริมในปริมาณที่มากจะส่งผลต่อการขัดขวางการดูดซึมของอาหารและการย่อยได้ของโภชนาเนื่องจากในผนังเซลล์ของยีสต์มีส่วนประกอบหลักของ Non starch polysaccharide และ Chitin อยู่จึงทำให้การดูดซึมโภชนาผลลดลง (Ferket et al., 2002) อย่างไรก็ตามในช่วงสุดท้ายของการทดลองประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของเปิดบวบารีที่ได้รับการเสริมอโตไลซิสยีสต์ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต สอดคล้องกับการทดลองของ Iji et al. (2001) ที่ทำการเสริมแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ในไก่เนื้อที่ระดับ 0.50 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมโดยให้เหตุผลว่าการเสริมแมน

แนวนโอลิโกแซคคาไรด์ไม่ได้ส่งเสริมต่อปริมาณน้ำหนักรากโดยตรงแต่จะส่งเสริมทางด้านสุขภาพของโคนเนื้อ ดังนั้นหากทำการเสริมออโตไลซิซิสในระยะเวลาที่เบ็ดเตล็ดมีวัย มีสุขภาพและร่างกายที่แข็งแรงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้น้อยกว่าในช่วงที่เบ็ดแรกเกิดที่มีร่างกายอ่อนแอ ในส่วนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรากที่การเสริมออโตไลซิซิสมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรากที่ดีกว่ากลุ่มควบคุมนั้นเนื่องจาก แมนแนวนโอลิโกแซคคาไรด์มีผลเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหารสัตว์ (Orlean, 2012) สิ่งสำคัญที่ทำให้ออโตไลซิซิสส่งผลต่อระบบทางเดินอาหารโดยการทำให้อาหารเป็นกรดต่างในระบบทางเดินอาหารมีค่าที่ต่ำลงและส่งผลให้แบคทีเรียที่ก่อโรคมียาจำนวนที่ลดลงไปด้วย (Yang et al., 2008) อีกทั้งยังส่งผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของสัตว์ได้จึงทำให้สัตว์ที่การต้านต่อโรคได้ดียิ่งขึ้น (Haldar et al., 2011) และยังมีรายงานอีกว่าการใช้ออโตไลซิซิสจะสามารถกระตุ้นการหลั่งของเอนไซม์ทริปซินและโคโมทริปซินจากตับอ่อนทำให้สัตว์มีความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนที่ดีขึ้น (Zhang et al., 2005) ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่สูงของเป็ดบารี่ที่ได้รับการเสริมออโตไลซิซิสในอาหารที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ จึงส่งผลให้ราคาในการจำหน่ายเป็ดบารี่ในกลุ่มนี้สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ โดยที่ไม่มีความแตกต่างในด้านต้นทุนในการเพิ่มน้ำหนักราก ต้นทุนค่าอาหาร และต้นทุนรวมด้วยประการนี้จึงเป็นเหตุให้เป็ดบารี่ที่ได้รับการเสริมออโตไลซิซิส 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีกำไรสุทธิจากการจำหน่ายเปิดได้มากที่สุด

บทสรุป

การเสริมออโตไลซิซิสที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารพบว่าเป็ดบารี่มีน้ำหนักรากที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดในช่วงการทดลองที่อายุ 5-6 สัปดาห์ และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรากได้ดี อย่างไรก็ตามในช่วงการทดลองที่ 3-4 สัปดาห์ และ ช่วงการทดลองที่ 7-8 สัปดาห์ การเสริมออโตไลซิซิสจะไม่ส่งผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณที่เหมาะสมต่อการเสริมออโตไลซิซิสอยู่ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ และควรเสริมเมื่อเป็ดบารี่มีอายุไม่เกิน 6 สัปดาห์ ซึ่งหากมีการทดลองใช้ออโตไลซิซิสเปรียบเทียบกับการใช้ยาปฏิชีวนะในสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการก่อโรคในเป็ดบารี่จะสามารถอธิบายผลจากการใช้ออโตไลซิซิสได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงค่าสังเกตทางด้านคุณภาพซาก ประสิทธิภาพการย่อยได้ และการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการดำเนินการวิจัยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร. คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทดลองในการดำเนินการวิจัยให้ลุล่วงเป็นไปอย่างเรียบร้อย ในส่วนของออโตไลซิซิสได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท มิตรผลไบโอฟูเอล จำกัด

เอกสารอ้างอิง

Aguilar-Uscanga B. and Francois J.M. (2003). A study of the yeast cell wall composition and structure in response to growth conditions and mode of cultivation. Letters in applied microbiology. 37(3): 268-274.

- Ahiwe E.U., Abdallh M.E., Chang E.P., Omede A.A., Al-Qahtani M., Gausi H., Graham H. and Iji P.A. (2020). Influence of dietary supplementation of autolyzed whole yeast and yeast cell wall products on broiler chickens. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 33(4): 579-587.
- Ferket P.R., Parks C.W. and Grimes J.L. (2002). Mannan oligosaccharides versus antibiotics for turkeys. In the proceedings of Alltech's 18th Annual Symposium Nutritional biotechnology in the feed and food industries.: Nottingham University Press. Nottingham. 43-64.
- Haldar S., Ghosh T.K. and Bedford M.R. (2011). Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and yeast protein concentrate on production performance of broiler chickens exposed to heat stress and challenged with *Salmonella enteritidis*. *Animal feed science and technology*. 168(1-2): 61-71.
- Herre J., Gordon S., and Brown G.D. (2004). Dectin-1 and its role in the recognition of beta-glucans by macrophages. *Molecular Immunology*. 40(12): 869-876.
- Iji P.A., Saki A.A. and Tivey D.R. (2001). Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a mannan oligosaccharide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81(12): 1186-1192.
- National Research Council. (1994). Nutrient requirements of poultry. National Academies Press.
- Orlean P. (2012). Architecture and biosynthesis of the *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. *Genetics*. 192(3): 775-818.
- Shurson G.C. (2018). Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Animal feed science and technology*. 235: 60-76.
- Sohail M.U., Ijaz A., Younus M., Shabbir M.Z., Kamran Z., Ahmad S., Anwar H., Yousaf M.S., Ashraf K., Shahzad A.H. and Rehman H. (2013). Effect of supplementation of mannan oligosaccharide and probiotic on growth performance, relative weights of viscera, and population of selected intestinal bacteria in cyclic heat-stressed broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 22(3): 485-491.
- Spring P., Wenk C., Connolly A. and Kiers A. (2015). A review of 733 published trials on Bio-Mos®, a mannan oligosaccharide, and Actigen®, a second generation mannose rich fraction, on farm and companion animals. *Journal of Applied Animal Nutrition*. 3: 1-11.
- Vukašinović-Milić T., Rakin M. and Šiler-Marinković S. (2007). Utilization of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for the production of yeast extract: effects of different enzymatic treatments on solid, protein and carbohydrate recovery. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 72(5): 451-457.
- Yalçın S., Eser H., Cengiz S. and Eltan Ö. (2013). Effects of dietary yeast autolysate (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, carcass and gut characteristics, blood profile, and antibody production to sheep red blood cells in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 22(1): 55-61.

- Yang Y.I.N.G., Iji P.A., Kocher A., Thomson E., Mikkelsen L.L. and Choct M. (2008). Effects of mannan oligosaccharide in broiler chicken diets on growth performance, energy utilization, nutrient digestibility and intestinal microflora. *British Poultry Science*. 49(2): 186-194.
- Zhang A.W., Lee B.D., Lee S.K., Lee K.W., An G.H., Song K.B. and Lee C.H. (2005). Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poultry science*. 84(7): 1015-1021.

Received: February 19, 2021; Revised: March 14, 2021; Accepted: March 15, 2021

ผลของน้ำแช่ใบहुกวางแห้งต่อการงอกทดแทนครีบปลาทอง

Efficacy of soaked-water dried indian almond leaves (*Terminalia catappa*)
on regeneration of goldfish (*Carassius auratus*) finsธวัชชัย งามศิริ^{1*} และอภิวัฒน์ เหลื่อมสมบูรณ์¹Thawatchai Ngamsiri^{1*} and Apiwat Laumsomboon¹¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

* Corresponding Author E-mail Address : nngamsiri@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้น้ำแช่ใบहुกวางแห้งต่อการงอกทดแทนของครีบปลาทอง โดยการทดลองตัดครีบหางตำแหน่งที่ไม่ติดโคนครีบหางทั้งหมด แล้วทำการรักษาให้มีการฟื้นฟูทดแทนส่วนที่หายไป โดยการใช้น้ำแช่ใบहुกวางที่มีความเข้มข้นต่างกัน เพื่อศึกษาอัตราการงอกทดแทน ระยะเวลาการงอกทดแทน และอัตราการรอดตายของปลา โดยแบ่งออกเป็น 4 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำ ประกอบด้วยสิ่งทดลองที่ 1 ใช้น้ำที่ไม่แช่ใบहुกวาง สิ่งทดลองที่ 2, 3 และ 4 ใช้น้ำแช่ใบहुกวางแห้ง 3, 6 และ 9 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า การงอกทดแทนครีบหางปลาทองได้สมบูรณ์ใช้ระยะ 6 สัปดาห์ โดยลักษณะครีบที่งอกใหม่จะมีลักษณะสีอ่อนกว่าของเดิม ซึ่งความยาวครีบหางปลาทอง สิ่งทดลองที่ 3 และสิ่งทดลองที่ 4 มีความแตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 ใช้น้ำที่ไม่แช่ใบहुกวางอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่สิ่งทดลองที่ 1 กับสิ่งทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เพอร์เซ็นต์อัตราการรอดตาย พบว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 91.66 ± 7.21 , 100 ± 0.00 , 83.33 ± 14.43 และ 91.66 ± 14.43 เพอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: ใบहुกวาง ปลาทอง การศัลยกรรม การงอกทดแทน

Abstract

Study on efficacy of soaked-water of dried Indian almond leaves (*Terminalia catappa*) leaves on regeneration of goldfish (*Carassius auratus*) fins was conducted. The caudal fins of experimental fishes were cut, at non-contiguous positions then perform treatment to have the regeneration of the missing part by using soaked -water dried Indian almond leaves at different concentrations. To determine regeneration rates, the times of recovering and the survival rate of fish. The experiment was designed into 4 treatments,

with 3 replications; namely, T1 using water without dried Indian almond leaves, T2, T3 and T4 using 3, 6 and 9 grams of dried Indian almond leaves per 1 liter of water, respectively. The study found that experimental fishes can completely regenerate the cut portion in a period of 6 weeks. The new fins were lighter in color than the original fins, whereas the lengths of new caudal fins of fishes in T3 and T4 were significantly ($p < 0.05$) different from T1. However, this length of T1 was not statistically different ($p > 0.05$) from T2. Percentage survival rates over the period of trial of T 1, 2, 3 and 4 were 91.66 ± 7.21 , 100 ± 0.00 , 83.33 ± 14.43 and 91.66 ± 14.43 percent, respectively. Which were not statistically ($p > 0.05$) different.

Keyword: Indian almond leaf, Surgery, Golden fish, Regeneration

บทนำ

การงอกใหม่ (Regeneration) สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในพืชและสัตว์ ในสัตว์นั้นการงอกใหม่เกิดขึ้นได้ทั้งในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (Invertebrates) เช่น ไฮดรา (Hydra) พลาเนเรีย (Planaria) แม่น้ำเพรียง (Nereis) ดาวทะเล (Sea star) และแมลงสาบ (Cockroach) และสัตว์มีกระดูกสันหลัง (Vertebrates) เช่น ตัวกิ้งก่า (Newt หรือ Salamander) จิ้งจก (Lizard) และหมาน้ำ (Axolotl) เป็นต้น ในสัตว์มีกระดูกสันหลังบริเวณที่สามารถงอกใหม่ได้แก่ บริเวณ ระบายค์ จอตา หาง ขากรรไกร บนและล่าง การงอกใหม่ในสิ่งมีชีวิตข้างต้นที่กล่าวมา เกิดจากกลุ่มเซลล์ต้นกำเนิด (Stem cells) เช่น กลุ่มเซลล์ Blastema ที่อยู่บริเวณปลายของระบายค์ (Limb) ที่ถูกตัด (Amputee) มีศักยภาพในการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วเพื่อทดแทนเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่สูญหาย และกลุ่มเซลล์ต้นกำเนิดเหล่านั้นยังคงมีศักยภาพของเซลล์ (Cell potential) ที่สามารถควบคุมอัตราการเพิ่มจำนวนของเซลล์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำซึ่งตรงข้ามกับมนุษย์ที่หากส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายเกิดสภาวะที่เซลล์แบ่งตัวรวดเร็วผิดปกติ (Abnormal cell division) จนไม่สามารถควบคุมได้ ก็จะนำไปสู่ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง จากการค้นคว้าในอดีตทำให้ทราบว่า สัตว์บางชนิดใช้กรดเฉพาะบางอย่างในการงอกอวัยวะใหม่ แต่ยังไม่มีการทราบกลไกการทำงานของมันอย่างแท้จริง (สิทธิพล, 2557) ปัจจุบันทีมนักวิจัยจากมหาวิทยาลัย Konstanz ในทางตอนใต้ของเยอรมัน ได้ออกมาประกาศว่าพวกเขาสามารถไขความลับในการงอกอวัยวะได้แล้ว จากการศึกษาในปลาหมอสี (Zebra fish) ที่นักวิจัยพบว่ากรด Retinoic คือกุญแจสำคัญสำหรับกลไกการงอกอวัยวะ ทำการศึกษากับปลาหมอสีที่ครีบขาด โดยทีมนักวิจัยพบว่าก่อนที่ปลาหมอสีจะงอกครีบที่ขาดไป บาดแผลจะสมานด้วยเนื้อเยื่อหลายชั้น โดยเซลล์ด้านใต้เนื้อเยื่อจะสูญเสียรูปแบบดั้งเดิมของเซลล์ไปกลายเป็นเซลล์ Blastema และกรด Retinoic จะเข้ามาควบคุมรูปแบบของเซลล์ Blastema ให้กลายเป็นเซลล์ของอวัยวะที่ขาด หรือได้รับความเสียหายเซลล์ Blastema คือ เซลล์ที่สามารถเจริญเติบโตและงอกเป็นอวัยวะได้ ทั้งมนุษย์และสัตว์สามารถสร้างกรด Retinoic ได้จากวิตามินเอ ดังนั้นถ้าหากมีกรณีที่ได้รับวิตามินเอไม่เพียงพออาหารจะมีการพัฒนาที่ต่ำกว่าปกติ เราทราบกลไกการทำงานของกรอกอวัยวะของปลาหมอสีโดยอาศัยกรด Retinoic (Pfefferli et al. 2014) สอดคล้องกับการศึกษาของ Brookes (1997) ที่กล่าวว่า ปลาเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการงอกใหม่ของครีบเมื่อมีการครีบต่าง ๆ โดยทำลาย ลักษณะแบบนี้ เรียกว่า การฟื้นฟูเซลล์หรือการงอกใหม่ (Regeneration) จัดเป็นกระบวนการทางชีววิทยาการเจริญ (Developmental biological process) ที่ถูกกระตุ้นจากปัจจัยภายนอกให้เกิดขึ้นเพื่อทดแทนประชากรของเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะที่เสียหายหรือได้รับอันตราย โดยเซลล์ร่างกาย (Somatic cells) ที่เสียหายหรือได้รับอันตรายนั้นจะมีการสืบพันธุ์ในระดับเซลล์ (Cellular reproduction) เกิดขึ้น โดยอาศัยกลไกการแบ่งนิวเคลียส (Nuclear division / Karyokinesis) แบบ ไมโทซิส (Mitosis) เพื่อเพิ่มจำนวนทดแทนประชากรของเซลล์ดังกล่าว การงอกใหม่จึงจัดเป็น การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ หรือไม่ใช่เซลล์สืบพันธุ์ (Asexual Reproduction or Agametic reproduction) นอกจากนี้การศึกษาของ ธวัชชัย (2558) ที่มีการศึกษาการงอก

ใหม่ของครีบบลานิล โดยจำลองรูปแบบการขาดของครีบบนต่าง ๆ พบว่า บลานิลมีการทดแทนส่วนของครีบบที่ขาดหายไป สามารถงอกใหม่กลับมาเป็นสภาพเดิม แต่หากการขาดของครีบบทำลายถึงเนื้อเยื่อชั้นที่ลึกกว่าผิวหนัง หรือก้านครีบบแข็ง การทดแทนมีการงอกทดแทนที่ช้า และบางส่วนไม่สามารถงอกทดแทนขึ้นใหม่ได้

การเลี้ยงปลาสามารถเกิดอุบัติเหตุระหว่างการเลี้ยง ส่งผลทำให้ปลาบาดเจ็บ เช่น การกระโดดชนสิ่งต่าง ๆ การกัดกันเองของปลา และจากผู้เลี้ยง เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้ผลจากการติดเชื้อบางชนิดส่งผลให้อวัยวะปลาเสียหายเมื่อหายแล้ว อวัยวะดังกล่าวถูกทำลาย หรือผลจากการขาดการดูแลเอาใจใส่ระหว่างการเลี้ยง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแหล่งที่เลี้ยง ส่งผลให้อวัยวะบางอย่างดูไม่สวยงาม ได้แก่ เนื้อบริเวณแผ่นเปิด ปิดเหงือก อ้า หนอง เป็นต้น อวัยวะที่ได้รับความเสียหายโดยเฉพาะ ครีบ เนื้อเยื่อบริเวณแผ่นเปิด ปิดเหงือก เป็นอวัยวะสำคัญในการเคลื่อนที่หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ เมื่อชำรุดเสียหายจำเป็นต้องได้รับการรักษาเพื่อให้มีลักษณะสวยงามเหมือนเดิม โดยทำการรักษาโดยวิธีการผ่าตัดศัลยกรรม (Surgery) เพื่อให้บาดแผลสามารถงอกทดแทนได้อย่างสวยงาม อาทิเช่น การตัดแต่งครีบ การตัดแต่งเหงือก การขลิบหนอง และการถอดเกล็ด เป็นต้น เมื่อปลาผ่านการผ่าตัดศัลยกรรมอวัยวะมีการฟื้นฟูทดแทนส่วนที่หายไปส่งผลให้อวัยวะดังกล่าวที่ผ่านการผ่าตัดศัลยกรรมกลับคืนสู่สภาพเดิม แต่ต้องเป็นบริเวณที่ได้รับความเสียหายไม่มาก หากมากเกินไปการฟื้นฟูทำได้ยากหรือพิการ การผ่าตัดศัลยกรรมในปลาเป็นการศึกษาจำนวนน้อย ปลาที่นิยม ได้แก่ ปลาตะพัดหรือปลาอะโรวาน่า ปลาการ์ป เป็นต้น เนื่องจากปลาตะพัด และปลาการ์ป มีการจัดประกวดแข่งขันและราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับปลาสวยงามชนิดอื่น ๆ จึงไม่ได้มีการทำกรณีศึกษาหลาย ๆ รูปแบบเพื่อการศึกษาการซ่อมแซมอวัยวะหรือการงอกใหม่เนื่องจากเสี่ยงต่อการตายของปลา

ต้นहुกวาง (Tropical Almond หรือ India Almond) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Terminalia catappa* เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางที่มีความสูงประมาณ 15-20 เมตร จัดเป็นไม้ผลัดใบ จัดอยู่ในวงศ์ Combretaceae ลักษณะใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่กลับ ปลายใบกลมมนมีติ่งแหลม สารที่พบในใบ ได้แก่ Violaxanthin, Lutin, Zeaxanthin, Flavonoid และ Tannins เป็นต้น (สมจินตนา และวรวิทย์, 2550) โดยการเลี้ยงปลาได้มีการนำใบहुกวางแห้งแช่น้ำ เพื่อนำไปเลี้ยงปลา อาทิเช่น การเลี้ยงปลากัด ปลาหางนกยูง เป็นต้น เนื่องจากสารแทนนินในใบहुกวางสามารถต่อต้านเชื้อแบคทีเรียในน้ำ ป้องกันการติดเชื้อ สอดคล้องกับการศึกษา อรัญญา และคณะ (2549) ทำการศึกษาใช้ใบहुกวาง เพื่อรักษาโรคลำไส้ (Betta splendens) และปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*) วัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาคุณสมบัติต้านภัยกายภาพ เคมีและชีวภาพ ชนิดของสารออกฤทธิ์และความ เป็นพิษของน้ำสกัดใบहुกวางต่อปลากัดและปลาหางนกยูง ในการรักษาแผลและโรคติดเชื้อเตตราไฮมินา ที่ผิวหนังปลาเพื่อ สนับสนุนแนวคิดและภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยที่มีการใช้ใบहुกวางในการเลี้ยงปลากัดมาเป็นเวลานาน เช่นเดียวกับการศึกษา ของ นันทริกา (2549) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรและใบहुกวางแห้งต่อการงอกของหางปลาการ์ป เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยแบ่งครีพออกเป็น 3 กลุ่มคือ เลี้ยงปลาในน้ำประปา น้ำผสมสารสกัดฟ้าทะลายโจรและน้ำผสมใบ हुกวางแห้ง กลุ่มละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 6 ตัว พบว่ากลุ่มปลาการ์ปที่มีการเสริมสมุนไพรฟ้าทะลายโจร มีการงอกของหางได้เร็วกว่าเมื่อ เทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของกลุ่มที่เลี้ยงในน้ำแช่ใบहुกวางแห้งเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$) จากการทดลองจะเห็นได้ว่า มีการนำสารจากฟ้า ทะลายโจรและใบहुกวางแห้งเพื่อกระตุ้นการฟื้นฟูเซลล์ได้มากกว่าปลาในกลุ่มควบคุมทำให้เซลล์มีการซ่อมแซมเร็วกว่า ใน ปัจจุบันมีการเลี้ยงปลาทองอย่างแพร่หลาย บางสายพันธุ์มีราคาแพง และการทำศัลยกรรมในปลาทองไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากขาดข้อมูล ดังนั้นการศึกษานี้เป็นการศึกษาการงอกทดแทนของครีบบปลาทองในน้ำแช่ใบहुกวางแห้ง เพื่อเป็น แนวทางในการใช้น้ำแช่ใบहुกวางรักษาปลาทอง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราการงอกทดแทนของครีบบปลาทองในน้ำแช่ ใบहुกวางแห้ง และอัตราการรอดตายของปลาทองในน้ำแช่ใบहुกวางแห้ง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ โดยแบ่งการทดลองดังนี้ สิ่งทดลองที่ 1 ใช้น้ำที่ไม่แช่ใบหูกวางแห้ง ชุดควบคุม สิ่งทดลองที่ 2 น้ำแช่ใบหูกวางแห้ง 3 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร สิ่งทดลองที่ 3 น้ำแช่ใบหูกวางแห้ง 6 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร และสิ่งทดลองที่ 4 น้ำแช่ใบหูกวางแห้ง 9 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร การเตรียมน้ำทดลองนำใบหูกวางแห้งมาชั่งในเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้ปริมาณ 3, 6 และ 9 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร มาแช่น้ำเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำน้ำที่ผ่านการกรองเอาใบหูกวางออก ทำการเจือจางโดยใช้น้ำแช่ใบหูกวาง มาผสมน้ำธรรมดาในสัดส่วนน้ำใบหูกวางแห้ง 1 ลิตร ต่อน้ำธรรมดา 30 ลิตร เพื่อใช้ในการเลี้ยงปลาทองระหว่างการทดลอง (รูปที่ 1)

ขั้นตอนการทดลอง

เตรียมถังพลาสติกสี่เหลี่ยม ขนาดกว้างxยาวx สูง เท่ากับ 80x40x40 เซนติเมตร ทั้งหมดจำนวน 12 ถัง เครื่องให้อากาศ สายออกซิเจนและหัวทรายแล้วใช้ด่างทับทิม (KMnO_4) แช่ฆ่าเชื้อและทำความสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมด ใส่น้ำใช้ปริมาณที่ต้องการ คัดเลือกปลาทองขนาด 2 นิ้ว ปลอยถังละ 8 ตัว

การให้อาหาร ระหว่างการทดลองมีการให้อาหาร เช้า-เย็น เป็นอาหารเม็ดลอยน้ำ ยี่ห้อซากูระ สำหรับปลาทองที่มีการจำหน่ายในร้านปลาสวยงามทั่วไป ระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีน เท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราการให้ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีการปรับปริมาณอาหารทุก ๆ สัปดาห์ และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

การคัดสรรปลา มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้ เตรียมยาสลบในการทำคัดสรร ใช้ยาสลบ Quinadine 15-60 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ใส่ภาชนะเพื่อนำมาทำการสลบ เตรียมอุปกรณ์ในการทำคัดสรร ได้แก่ อุปกรณ์ผ่าตัด และสำลี ทำการคัดสรรครีบทองของปลาในบริเวณที่กำหนดไว้ คือ ครีบทองตัดไม่ติดโคนหางทั้งหมด เมื่อทำการตัดครีบทองเรียบร้อย ทำการฟื้นฟูจากการสลบหลังการทำคัดสรร โดยนำกะละมังที่เตรียมไว้ใส่น้ำและเครื่องให้อากาศเพื่อทำการฟื้นฟูปลาจากการสลบ หลังจากปลาอยู่ในสภาพปกติแล้วให้นำปลากลับเข้าถังสิ่งทดลองเดิม

การเก็บข้อมูล

วัดความยาวของครีบทองที่มีการงอกทดแทนทุก ๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ใช้เวอร์เนีย (Vernier caliper) หน่วยเป็นมิลลิเมตร โดยวัดปลาในแต่ละกลุ่มทดลองทุกตัว (รูปที่ 2) โดยบันทึก อัตราการงอกทดแทนเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตาย เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) อุณหภูมิน้ำใช้ Thermometer ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำใช้เครื่องวัดออกซิเจน (DO meter) และ แอมโมเนีย ใช้ชุดทดสอบคุณภาพน้ำ (Test kit) การวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

การศึกษาการงอกทดแทนของครีบทองในน้ำแช่ใบหูกวางแห้ง โดยการทำคัดสรรตำแหน่งครีบทองตัดไม่ติดโคนครีบทองทั้งหมด ระยะเวลาการเก็บข้อมูล 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาอัตราการงอกทดแทน ระยะเวลาการงอกทดแทน และอัตราการรอดตายของปลา ซึ่งทำการทดลองในปลาทองขนาดความยาวเฉลี่ย 6.42 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 2.72 กรัม ความยาวหางเฉลี่ย

33 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ยครีบทงที่ตัดออกเท่ากับ 19.5 มิลลิเมตร ผลการงอกทดแทนครีบทงปลาทองใช้ระยะในการงอกทดแทนส่วนที่ตัดออกได้สมบูรณ์ทั้งหมดภายใน 6 สัปดาห์ จากการเก็บข้อมูลทั้งหมด 8 สัปดาห์ (รูปที่ 1) โดยลักษณะครีบทงใหม่จะมีลักษณะสีอ่อนกว่าของเดิม ความยาวของครีบทงเมื่อสิ้นสุดการฟื้นฟูของครีบทง โดยสิ่งทดลองที่ 3 มีความยาวของครีบทงสูงสุด เท่ากับ 18.38 ± 0.20 มิลลิเมตร ความยาวของครีบทงน้อยสุดในสิ่งทดลองที่ 1 เท่ากับ 16.69 ± 0.87 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) อัตราการงอกทดแทนเฉลี่ย ที่ดีที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 4.62 ± 0.58 มิลลิเมตร ในสิ่งทดลองที่ 1 น้ำที่ไม่แช่ใบหูกวาง และอัตรางอกเฉลี่ยน้อยที่สุดในสัปดาห์ที่ 5 ในสิ่งทดลองที่ 1 น้ำที่ไม่แช่ใบหูกวาง เท่ากับ 1.67 ± 0.23 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2) เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายที่ดีที่สุด เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสิ่งทดลองที่ 2 แต่สิ่งทดลองที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 83.33 ± 14.43 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) นำผลการทดลองวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยอัตราการงอกของครีบทงปลาทอง สัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ระหว่างสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 กับสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 ในส่วนความยาวครีบทงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 1, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ความยาวของครีบทงปลาทองที่งอกในแต่ละสัปดาห์ (มิลลิเมตร)

สิ่งทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
1	2.30 ± 0.27^b	6.92 ± 0.37^a	9.50 ± 0.36^a	12.75 ± 0.28^b	14.42 ± 0.36^b	16.69 ± 0.87^b
2	2.33 ± 0.19^b	6.62 ± 0.38^a	9.61 ± 1.20^a	12.77 ± 0.55^b	15.29 ± 0.38^{ab}	17.14 ± 0.87^{ab}
3	3.11 ± 0.34^a	7.42 ± 0.13^a	10.65 ± 0.63^a	13.70 ± 0.23^a	16.41 ± 1.40^a	18.38 ± 0.62^a
4	3.10 ± 0.36^a	6.80 ± 0.62^a	9.96 ± 0.20^a	13.20 ± 0.55^{ab}	15.80 ± 0.55^{ab}	18.06 ± 0.20^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 อัตราการงอกทดแทนเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ (มิลลิเมตร)

สิ่งทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
1	2.30 ± 0.27^b	4.62 ± 0.58^a	2.58 ± 0.62^a	3.25 ± 0.70^a	1.67 ± 0.23^a	2.27 ± 0.97^a
2	2.33 ± 0.19^b	4.29 ± 0.25^a	2.98 ± 0.89^a	3.16 ± 0.72^a	2.52 ± 0.18^a	1.84 ± 0.49^a
3	3.11 ± 0.34^a	4.31 ± 0.41^a	3.23 ± 0.69^a	3.04 ± 0.66^a	2.72 ± 1.60^a	2.72 ± 1.60^a
4	3.10 ± 0.36^a	3.69 ± 0.54^a	3.15 ± 0.59^a	3.23 ± 0.71^a	2.62 ± 0.25^a	2.24 ± 0.31^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



รูปที่ 1 การหมักน้ำแขยใบหูกวางแห้ง



รูปที่ 2 การวัดความยาวของหางที่งอกใหม่

เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายตลอดการทดลองระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 91.66 ± 7.21 , 100 ± 0.00 , 83.33 ± 14.43 และ 91.66 ± 14.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายตลอดการทดลอง

สิ่งทดลอง	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
1	91.66 ± 7.21^a
2	100 ± 0.00^a
3	83.33 ± 14.43^a
4	91.66 ± 14.43^a

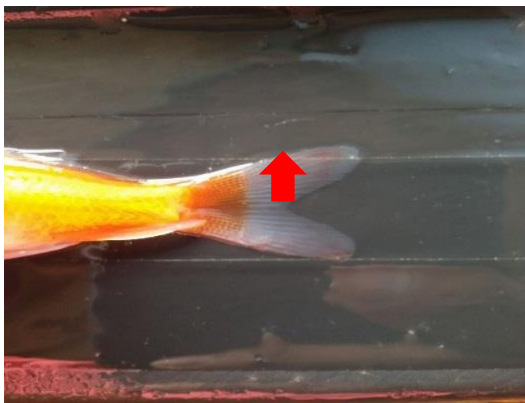
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ไม่แตกต่างกันที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)



(ก) การงอกสัปดาห์ที่ 1



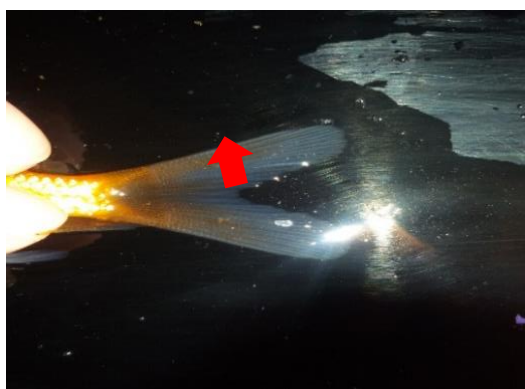
(ข) การงอกสัปดาห์ที่ 2



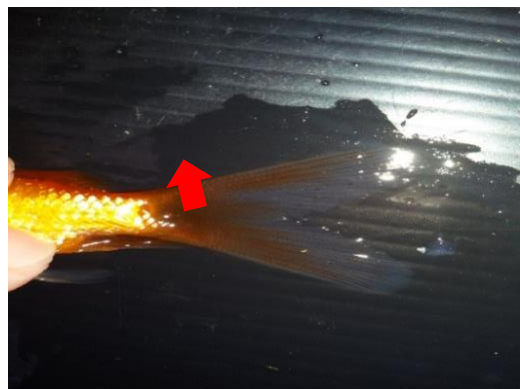
(ค) การงอกสัปดาห์ที่ 3



(ง) การงอกสัปดาห์ที่ 4



(จ) การงอกสัปดาห์ที่ 5



(ข) การงอกสัปดาห์ที่ 6

รูปที่ 3 การงอกทดแทนครีบทหางปลาทองหลังศัลยกรรมจำนวน 6 สัปดาห์ จุดที่ลูกศรชี้คือจุดที่ตัดครีบทออก

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ และ แอมโมเนีย ทำการวิเคราะห์ทุก ๆ สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ มีค่าดังต่อไปนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.19 ในสิ่งทดลองที่ 3 และมีค่าต่ำสุดในสิ่งทดลองที่ 4 เท่ากับ 8.13 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 29.50 องศาเซลเซียส ในสิ่งทดลองที่ 1 และมีค่าต่ำสุดในสิ่งทดลองที่ 4 เท่ากับ 29.38 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยปริมาณ ออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าต่ำสุดในสิ่งทดลองที่ 2 เท่ากับ 6.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.026 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสิ่งทดลองที่ 1 2 และ 3 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในชุดการทดลองที่ 4 เท่ากับ 0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4) ทั้งนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำด้าน ต่าง ๆ ทั้งหมด อยู่ในเกณฑ์ที่สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้อย่างปกติ (วิรัช, 2544) จึงไม่มีผลกระทบต่อปลาในสิ่งทดลองที่แตกต่างกัน แต่อย่างใด

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในการทดลองได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และแอมโมเนีย

สิ่งทดลอง	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิ (C)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	8.17	29.50	6.17	0.026
2	8.14	29.39	6.13	0.026
3	8.19	29.43	6.17	0.026
4	8.13	29.38	6.14	0.025

การอภิปรายผล

การออกทดแทนของครีบท่างของปลาทอง ด้วยน้ำแช่ใบหูกวางระดับความเข้มข้นต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ตลอด ระยะเวลา 8 สัปดาห์ การออกทดแทนครีบท่างสามารถทดแทนส่วนที่ทำสลายกรรมได้สมบูรณ์ โดยใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์ จากการทดลองดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ ธวัชชัย (2558) ที่ศึกษาการทำสลายกรรมครีบท่างรูปแบบต่าง ๆ โดย จำลองสถานการณ์ในปลานิล ตำแหน่งครีบท่างเดียวกันใช้ระยะเวลาการทดแทน 4 สัปดาห์ อาจจะเป็นไปได้ที่ครีบท่างมีความ ยาวกว่าปลานิล เช่นเดียวกับการศึกษาของ นันทริกา (2549) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรและใบหูกวาง หนั่งต่อการงอกของหางปลาครีบท่าง โดยตัดครีบท่างของปลาครีบท่าง นำไปเลี้ยงในน้ำผสมฟ้าทะลายโจรและใบหูกวางใน ระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยผลการทดลอง ครีบท่างของปลาครีบท่างมีการงอกทดแทนสมบูรณ์ภายใน 2 สัปดาห์ ซึ่งแตกต่างจาก การศึกษาครั้งนี้ ที่มีระยะเวลาการงอกทดแทนที่ 6 สัปดาห์ การซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอเป็นกระบวนการทางชีวเคมี ที่มีการนำ องค์ประกอบทางเคมีจากอาหารที่ปลากินเข้าไปจะถูกนำไปใช้ในการซ่อมแซม ควบคุมการทำงานของร่างกายและสะสมในรูป ของกรดอะมิโนในร่างกาย (วิทยา และทวี, 2543) ดังนั้นเมื่อปลาถูกตัดหางซึ่งทำให้เกิดการเสียหายของร่างกาย อาหารที่กิน เข้าไปส่วนหนึ่งจะถูกนำไปซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย ช่วยให้เกิดการงอกของหางขึ้น ร่วมกับคุณสมบัติแทนนินของใบหูกวาง สามารถ ช่วยลดการอักเสบ (Ratnasooriya and Dharmasiri, 2002) ซึ่งทำให้ระยะที่มีการอักเสบ (Inflammatory phase หรือ Substrate phase หรือ Lag phase) ลดลงส่งผลให้บาดแผลเข้าสู่ขบวนการงอกขยาย (Proliferative phase หรือ Fibroplasia) ได้เร็วขึ้น (นันทริกา, 2549) ปลาเป็นสัตว์เลือดเย็น (Poikilotherm) ซึ่งอุณหภูมิร่างกายจะเปลี่ยนไปตาม อุณหภูมิของน้ำ อัตราเมตาบอลิซึมและกิจกรรมของปลาเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (สุพจน์, 2523) ซึ่งอัตราการงอกเฉลี่ย ทดแทนในช่วงสัปดาห์ที่ 2 มีการงอกขยายของครีบท่างที่ได้เร็วกว่าสัปดาห์อื่น ๆ เนื่องจากมีการให้อาหารปลาและมีอุณหภูมิ

น้ำที่สูงกว่าสัปดาห์อื่น ๆ ส่งผลให้เกิดกระตุ้นการงอกทดแทนครีบหางได้เร็วกว่าช่วงสัปดาห์อื่น การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Shao et al. (2009) ที่มีการศึกษาการงอกทดแทนครีบของปลาคาร์พ โดยการศึกษาการงอกทดแทนของครีบบริเวณส่วนหาง ลักษณะการศึกษากล้ามเนื้อ โครงสร้างภายในและเกล็ด ผลการศึกษาในการฟื้นฟูครีบหางของปลาคาร์พ มีอัตราการงอกและสมบูรณ์ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถมองเห็นการงอกของหางหลังจากการตัด 2-4 สัปดาห์ การฟื้นฟูของครีบบมีการใช้รังสีในการฟื้นฟูครีบหางของปลาที่ถูกตัดจากโคนหาง 1-2 มิลลิเมตร ในการทดลองกำหนดระยะเวลาไว้ 2 เดือน แต่หลังจากการตัดครีบหาง 1 เดือน ครีบหางก็สามารถงอกได้สมบูรณ์ตามรูปร่างเดิม สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ครีบหางที่งอกใหม่ของปลามีเส้นเลือดที่อุดมสมบูรณ์ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ อาจมีประโยชน์ในการทดลองทางแพทย์เกี่ยวกับการพัฒนาของหลอดเลือด อัตราความน่าจะเป็นที่ครีบหางมีการฟื้นฟูแล้วสมบูรณ์เป็นปกติหลังจากการตัดครีบหางเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ Böckelmann et al. (2010) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่งอกใหม่ของครีบหางปลาคาร์พ จากการสังเกตภายใต้การส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงให้เห็นว่าเซลล์ผิวหนังที่ปกคลุมส่วนปลาย เวลาตัดส่วนปลายของครีบแล้วปล่อยของเหลวออกมา ที่ระหว่างของเซลล์ในทางตรงกันข้าม เซลล์จากผิวหนังชั้นนอกมีพัฒนาที่ดีและมีเซลล์เป็นรูปทรงกระบอก ในช่วงเวลาของการฟื้นฟูเซลล์จากการเริ่มต้นได้มีการสังเคราะห์ที่อยู่ใต้เยื่อผิวหนังที่งอกใหม่ ซึ่งได้รับการสูญเสียในช่วงเวลาของการตัดครีบ ในวันที่ 2 หลังจากการตัดครีบผิวหนังที่ปกคลุมส่วนปลายยังมีการพัฒนาเซลล์เยื่อผิวหนังอย่างต่อเนื่อง จะสังเกตเห็นได้ชัดว่าช่องว่างระหว่างเซลล์และผิวหนังที่ปกคลุมส่วนปลายยังมีการเจริญเติบโตเล็กน้อยของเนื้อเยื่อที่เชื่อมต่อกันซึ่งมีหน้าที่ในการส่งเสริมระยะห่างระหว่างชั้นผิวหนังและฐาน ก้านครีบอ่อนที่ถูกตัดครีบ ในวันที่สามของการฟื้นฟูเซลล์ผิวหนังชั้นนอกยังคงได้รับการพัฒนา จากการสังเกตในวันแรกของการฟื้นฟูและยังคงสร้างเยื่อผิวหนังในการฟื้นฟู ในช่วงเวลาของการฟื้นฟูเซลล์มี Blastema ช่วยในการซ่อมแซมเซลล์ จะสังเกตได้จากเซลล์จับเป็นก้อนที่ปลายของครีบหางในการงอกฟื้นฟูในเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังชั้นนอกที่เชื่อมติดกัน โดยภาพรวมแล้วสามารถมองเห็นการพัฒนาการงอกใหม่ของครีบได้มากขึ้น ในวันที่ 4 การฟื้นฟูส่วนที่ขาดหายไปจากครีบหางก็เพิ่มขึ้น และสังเกตเห็นได้ว่าความกว้างของผิวหนังชั้นนอกลดลง เช่นเดียวกับการลดลงของพื้นที่ระหว่างเซลล์ เมื่อเทียบกับวันก่อนหน้านี้อีกหลังจากการตัดครีบ จะเห็นว่าพบเยื่อผิวหนังบริเวณที่ทำการตัดครีบมีความกว้างของเยื่อคล้ายกับบริเวณที่ไม่ได้รับการตัดครีบ ดังนั้นจึงไม่สามารถงอกใหม่ได้ ในช่วงนี้ Blastema จะได้รับการพัฒนาในวันที่สามของการฟื้นฟูในการเชื่อมต่อภายในเนื้อเยื่อของปลายสุดครีบหาง ช่วงของการฟื้นฟูเซลล์ผิวหนังชั้นนอกอยู่ในกระบวนการสังเคราะห์เยื่อผิวหนังชั้นต้น

คุณภาพน้ำความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 หากสูงหรือต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ชาญยุทธ, 2533) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปลามีพัฒนาการที่ดีและระบบเมตาบอลิซึมในปลาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตได้ดี ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำไม่ควรต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หากน้อยกว่านี้จะไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และค่าแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำคือ ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (วิรัช, 2544)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลของน้ำแช่ใบหูกวาง มีส่วนช่วยให้มีการฟื้นฟูส่วนที่สึกหรอของครีบหางให้ดีขึ้น โดยปริมาณใบหูกวาง 6 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เหมาะสมในการใส่น้ำเพื่อกระตุ้นให้ปลามีการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ จึงควรมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการรักษาเบื้องต้นแทนการใช้ยาหรือสารเคมีในอนาคต ซึ่งจะมีความปลอดภัยและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาต่อไปถึงผลข้างเคียง ขนาดการใช้ และระยะเวลาในการใช้เพื่อให้ได้ผลในการรักษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

บทสรุป

การศึกษาผลการงอกทดแทนครีบทองที่เลี้ยงในน้ำแช่ใบหูกวางที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน การงอกทดแทนครีบทองมี การงอกทดแทนสมบูรณ์เมื่อผ่านไป 6 สัปดาห์ ความยาวของครีบทองในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกัน โดยสิ่งทดลองที่ 3 มีความยาวมากที่สุด เท่ากับ 18.38 ± 0.2 มิลลิเมตร และสิ่งทดลองที่ 1 มีความยาวต่ำที่สุด เท่ากับ 16.69 ± 0.87 มิลลิเมตร อัตรา การงอกเฉลี่ยทดแทน ในสัปดาห์ที่ 2 สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 4.62 ± 0.58 มิลลิเมตร และในสัปดาห์ที่ 5 สิ่ง ทดลองที่ 1 มีความยาวต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.67 ± 0.23 มิลลิเมตร

เปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายตลอดการทดลองระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 2 3 และ 4 มีอัตราการรอดตาย เท่ากับ 91.66 ± 7.21 , 100 ± 0.00 , 83.33 ± 14.43 และ 91.66 ± 14.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p > 0.05$)

การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นผลของน้ำแช่ใบหูกวาง มีส่วนช่วยให้มีการฟื้นฟูส่วนที่สึกหรอของครีบทองให้ดีขึ้น โดย ปริมาณใบหูกวาง 6 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เหมาะสมในการใส่น้ำเพื่อกระตุ้นให้ปลาทองซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ เห็นควรให้มา ประยุกต์ใช้ในการรักษาเบื้องต้นแทนการใช้ยาหรือสารเคมี ซึ่งอาจมีความปลอดภัยและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อไปถึงผลข้างเคียง ขนาดการใช้ และระยะเวลาในการใช้เพื่อให้ได้ผลในการรักษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- ชาญยุทธ คงภิมย์ขึ้น. (2533). คู่มือปฏิบัติการคุณภาพน้ำทางการประมง. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. ชลบุรี.
- ธวัชชัย งามศิริ. (2558). กรณีศึกษาการทำคัลยกรรมในปลา. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. พระนครศรีอยุธยา.
- นันทริกา ชันชื้อ. (2549). การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำแช่ใบหูกวางแห้งและสารสกัดฟ้าทะลายโจรต่อการงอกของหางและ ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในปลาการ์พ. วารสารเวชศาสตร์สัตวแพทย์. 57(2): 52-62.
- วิทยา ดินนังวัฒนะ และทวี วิพุทธานุมาศ. (2543). การศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาตะเพียน ขาวขนาดเล็ก. เอกสารวิชาการ. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดเพชรบุรี. กรมประมง. 21 หน้า.
- วิรัช จิวแหยม. (2544). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.
- สมจินตนา พุทธมาตย์ และวรวิทย์ สุวรรณสาร. (2550). การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบหูกวาง (*Terminalia catappa* L.) และผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและการยับยั้งแบคทีเรียในน้ำ. ใน การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 45:579-585.
- สิทธิพล อินทรพัฒน์. (2557). ผลงานวิจัยสู่สังคมไทย การงอกใหม่: Regeneration. ค้นเมื่อ 12 มกราคม 2564. <http://www.sc.mahidol.ac.th/usr/?p=338>
- สุพจน์ ทองนพคุณ. (2523). ปริมาณการใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำของปลาน้ำจืดบางชนิดที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- อรัญญา พลพรพิสิฐ, นันทริกา ชันซื่อ, วิภา เคยพุดชา, จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์, ณิชฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และเอนโดะ มากาโตะ. (2549). การใช้ใบหูกวาง (*Terminalia catappa* L.) เพื่อรักษาโรคในปลากัด (*Betta splendens*) และปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*). รายงานการวิจัย. คณะสัตวแพทยศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Bockelmann P.K., Ochandio B.S. and Bechara I.J. (2010). Histology study of the dynamics in epidermis regeneration of the carp tail fin. *Brazilian Journal of Biology*. 70(1): 218-220.
- Brockes J.P. (1997). Amphibian Limb Regeneration: Rebuilding a Complex Structure. *Science*. 267: 81-87.
- Pfefferli C., Muller F., Jazwinska A. and Wicky C. (2014). Specific NuRD components are required for fin regeneration in zebrafish. *BMC biology*. 12(30): 1-17.
- Ratnasooriya W.D. and Dharmasiri M.G. (2002). Tender leaf extract of *Terminalia catappa* antinociceptive activity in rats. *Pharmaceutical Biology*. 40(1): 60-66.
- Shao J., Qian X., Zhang C. and Xu Z. (2009). Fin regeneration from tail segment with musculature endoskeleton and scales. *Journal of experimental zoology*. 312(7): 762-769.

Received: February 22, 2021; Revised: March 12, 2021; Accepted: March 15, 2021

ชนิดของอาหารที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนต่อการเลี้ยงปลาอุกยักษ์ในกระชังบก Optimal feed types for cost reductions of African catfish (*Clarias gariepinus*) culture in land-based cages

เมฆ มากกลิ่น^{1*} กฤติมา กษมาวุฒิ¹ และสำเนาวิ เสาวกุล¹Mek Maklon^{1*}, Krittima Kasamawut¹ and Samnao Saowakoon¹¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

* Corresponding Author E-mail Address: meklampao460@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของปลาอุกยักษ์ ด้วยอาหารสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติที่หาได้ในท้องถิ่น ซึ่งเกิดจากภูมิปัญญาและองค์ความรู้ของชุมชน ณ บ้านโนนสะอาด ตำบลหนองแดง อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือน ตุลาคม 2563 ถึง เดือนธันวาคม 2563 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) โดยใช้ฟาร์มเกษตรกรรมเป็นบล็อก จำนวน 3 ฟาร์ม แต่ละบล็อกสุ่มให้ได้รับชุดการทุกชุดทดลอง โดยเลี้ยงปลาอุกยักษ์ในกระชังขนาด 1.5x2.0x0.3 ตารางเมตร ด้วยอัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป มีองค์ประกอบโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ อาหารธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ปลวก จิ้งหรีดและมดแดง ปล่อยปลาปลาอุกยักษ์ขนาดความยาวเฉลี่ย 10.29 ± 0.01 , 10.26 ± 0.04 และ 10.26 ± 0.01 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 10.19 ± 0.36 , 10.18 ± 0.10 และ 10.26 ± 0.05 กรัม ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการให้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับปลวก มีความยาวเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 23.00 ± 0.27 กรัม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับการให้อาหารเม็ดร่วมกับจิ้งหรีด มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 22.75 ± 0.22 เซนติเมตร แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) กับมดแดง ซึ่งมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 22.06 ± 0.06 เซนติเมตร ด้านน้ำหนักพบว่าการให้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับปลวก มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 95.76 ± 0.53 กรัม ซึ่งความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) การให้อาหารเม็ดร่วมกับมดแดงและจิ้งหรีด มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 93.67 ± 0.58 และ 94.09 ± 0.19 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน ด้านอัตราการตาย การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และผลผลิตของปลาทั้ง 3 ชุดที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนเลี้ยงปลาอุกยักษ์ในกระชังบก พบว่าการให้อาหารเม็ดร่วมกับปลวก มีค่าผลตอบแทนสูงที่สุด คือ 55.44 ± 2.75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) การให้อาหารเม็ดร่วมกับจิ้งหรีด และมดแดง มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเท่ากับ 54.01 ± 1.16 และ 52.82 ± 3.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ต้นทุนต่ำ อาหารธรรมชาติ กระชังบก

Abstract

The objective of this study was to compare growth rates and economic returns of African catfish (*Clarias gariepinus*) by using pellet together with natural foods found locally at Ban Nonsa-at, Nong Daeng Sub-district, Na Chueak District, Maha Sarakham Province. This was the wisdom and knowledge of the community. The research was conducted between October to December 2020. It was planned as a complete randomized complete block design (RCBD) by using farmer's 3 Block farms each block is randomly assigned to every set of experiments with density rate of 50 fishes per square meter by providing ready-made pellet feed consisted of 32 percent of protein in combination with 3 types of natural food, namely termites, crickets, and red ants. The researcher released the fish in land-based cages of $1.5 \times 2.0 \times 0.3 \text{ m}^3$ which mean lengths were 10.29 ± 0.01 , 10.26 ± 0.04 and 10.26 ± 0.01 cm. And mean weight 10.19 ± 0.36 , 10.18 ± 0.10 and 10.26 ± 0.05 g. respectively for 60 days. At the end of the trial, the mean lengths were 23.00 ± 0.27 , 22.75 ± 0.22 , and 22.06 ± 0.06 cm. And mean weights of 95.76 ± 0.53 , 93.67 ± 0.58 and 94.09 ± 0.19 g, respectively. The growth of African catfish in terms of the length and weight were not statistically different ($p > 0.05$) while the specific growth rates, there was no statistically difference in average daily weight gain, survival rate, and feed conversion of the three fish groups ($p > 0.05$). When analyzing the return on investment in African catfish in land-based cages, it was found that the feeding of pellets together with termite feeding has high return on investment significantly was 55.44 ± 2.75 , followed by crickets and red ants, 54.01 ± 1.16 and 52.82 ± 3.65 , respectively. Statistical analysis showed that there was no significant difference ($p > 0.05$) and when considering the return on investment in raising the giant catfish in the cage at a density rate of 50 fishes per square meter by feeding ready-made pellets with termites has more rewarding than the finished pellet feeding experiment with crickets and red ants respectively.

Keywords: Low cost, Natural food, Land-based cage

บทนำ

ปลาดุกยักษ์ หรือปลาดุกรัสเซีย หรือปลาดุกเทศ (African catfish: *Clarias gariepinus*) มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา ปัจจุบันสามารถเลี้ยงได้ทั่วโลก (สำเนา, 2561; Hey, 1941; Hecht, 2013) โดยเฉพาะในทวีปแอฟริกาและทวีปเอเชีย จะมีผลผลิตมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง (FAO, 2018) เป็นปลาที่มีความอดทนสูง มีความต้านทานโรคสูง ทนทานต่อสภาพน้ำเน่าเสีย สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี นิยมเลี้ยงในบ่อดิน (Akinwole and Faturoti, 2007; Rutaisire, 2007; Okomoda, 2018; Okomoda et al., 2019) การเจริญเติบโตเร็ว เลี้ยงง่าย สามารถกินอาหารได้แทบทุกชนิด (De Graaf and Janssen, 1996; Isyagi et al., 2009) นำเข้ามาเลี้ยงในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2529 (บราลี, 2533; อุทัยรัตน์, 2544) ซึ่งปลาดุกยักษ์ที่เลี้ยงในประเทศไทย จะมีขนาดตัวใหญ่และมีน้ำหนักมากกว่าปลาดุกพันธุ์พื้นเมืองของไทยมาก และโตเร็วกว่า 2-3 เท่า ในระยะเวลาการเลี้ยงเท่ากัน พบว่าอายุเพียง 5 เดือนจะมีน้ำหนักตัวประมาณ 800-1,000 กรัม เมื่อโตเต็มวัยมีน้ำหนัก 10-15 กิโลกรัม (มานพ และคณะ, 2533) วิธีการเลี้ยงสามารถเลี้ยงในสภาพใช้ปริมาณน้ำน้อยได้ดีปลาชนิดอื่น และให้ผลตอบแทนที่สูงในระยะสั้น ทำให้เกษตรกรสนใจเลี้ยง เพื่อสร้างเป็นอาหารและรายได้ จึงจัดว่าเป็นปลาที่มีศักยภาพสูงในทางเศรษฐกิจ การเลี้ยง

ปลาในกระชังบกหรือกระชังบนพื้นดิน เป็นวิธีการเลี้ยงที่อีกวิธีหนึ่งเหมาะสำหรับการเลี้ยงปลาจำหน่ายในพื้นที่จำกัดหรือภายในครัวเรือน โดยใช้เงินลงทุนไม่สูงมาก เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาแบบใช้น้ำน้อย (กมลวรรณ และคณะ, 2557) ซึ่งเมฆ และคณะ (2563) ศึกษาพบว่า การเลี้ยงปลาดุกยักษ์ในกระชังบกในอัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตและผลตอบแทนที่ดีที่สุดกว่าการเลี้ยงซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 30 และ 40 ตัวต่อตารางเมตร ดังนั้นปลาดุกยักษ์จึงมีคุณสมบัติในการเลือกมาเลี้ยงในระบบกระชังบกได้ เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่แห้งแล้ง และขาดแคลนอาหารโปรตีนจากธรรมชาติ จึงเหมาะในการส่งเสริมในการสร้างรายได้ และสร้างอาหารโปรตีนให้กับชุมชน แต่การให้อาหารที่มีโปรตีนในระดับสูงเพื่อให้ปลาดุกยักษ์เจริญเติบโต ทำให้ผู้เลี้ยงต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านอาหารเป็นจำนวนมาก โดยพบว่าต้นทุนค่าอาหารจะสูงถึง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนทั้งหมด (สำเนา, 2561) ซึ่งโปรตีนในอาหารจัดเป็นตัวแปรสำคัญ ในการกำหนดการเจริญเติบโต และกำหนดราคาอาหารนั้น การให้อาหารปลาดุกยักษ์โดยไม่ทราบค่า ควรที่จะให้อาหารที่มีระดับโปรตีนชนิดใด ซึ่งอาจส่งผลต่อปลาในด้านการเจริญเติบโต หากได้รับโปรตีนไม่เพียงพอ ถ้าให้โปรตีนในระดับสูงเกินความจำเป็น จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการผลิต เพราะแหล่งอาหารโปรตีน มักมีราคาสูงกว่าวัตถุดิบอาหารชนิดอื่นมาก (เกษม และพิจิตร, 2536) นอกจากนั้นการลดต้นทุนสามารถใช้อาหารสดจากเครื่องในสัตว์ปีก อาหารที่เหลือจากโรงฆ่าสัตว์ เศษอาหารจากครัวโรงแรมหรือร้านอาหาร ส่วนผสมที่มีราคาต่ำ อาหารธรรมชาติหรืออาหารมีชีวิต มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น หนอน ปลวก ไข่เดือน และ แมลง เป็นต้น (สุรพล และภานุวัฒน์, 2530; นฤมล, 2557; Hecht, 2013) การเลี้ยงปลาให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูง โดยใช้ต้นทุนต่ำ ได้มีการแลกเปลี่ยนความรู้กับชุมชน บ้านโนนสะอาด ตำบลหนองแดง อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม พบว่ามีการเลี้ยงปลาดุกยักษ์ในบ่อดิน โดยใช้แมลงเป็นอาหารปลา เช่น ปลวก แมลงเม่า จิ้งหรีด และ มดแดง เป็นต้น เนื่องจากแมลงสามารถหาได้จากแหล่งธรรมชาติ โดยไม่ต้องซื้อ มีหลากหลายชนิดโดยเฉพาะชุมชนนี้อยู่ในแหล่งชนบท จากงานวิจัยพบว่าแมลงบางชนิดมีปริมาณโปรตีนและวิตามินมากกว่าเนื้อสัตว์ (กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ, 2544; อดิรัตน์, 2563) และในปัจจุบันนักวิจัยเริ่มให้ความสนใจในการนำแมลงมาใช้เป็นอาหารหรือส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำเพื่อทดแทนวัตถุดิบแหล่งอาหารโปรตีน เช่น ปลาป่น ซึ่งมีปริมาณลดลงอย่างมากและราคาสูง หากใช้แหล่งซึ่งมีปัญหาด้านการปนเปื้อนสารเคมี หรือการตัดแต่งพันธุกรรม เป็นต้น (จิตรา และศุภฤชญา, 2554; สมหมาย และอัจฉริ, 2558; Henry et al., 2015; Tran et al., 2015; Govaerts, 2018; Pulina, 2018; Arru et al., 2019; Nogales-Merida et al., 2019) ทั้งนี้เนื่องจากแมลงเป็นอาหารตามธรรมชาติมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะมีสารอาหารกลุ่มโปรตีนสูง และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งพลังงาน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามิน (สราวุธ และสุธี, 2561) การผลิตอาหารให้เพียงพอและสร้างรายได้ให้กับชุมชน จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารของปลา เพื่อให้เกิดความมั่นคงยั่งยืน พร้อมทั้งนำภูมิปัญญาและองค์ความรู้ในชุมชนร่วมกับงานวิชาการในปัจจุบัน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกยักษ์ที่เลี้ยงในกระชังบก โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับอาหารธรรมชาติ ได้แก่ แมลงเม่าหรือปลวก มีคุณค่าทางอาหาร โปรตีน 23.72 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 34.87 เปอร์เซ็นต์ (ศรีประภา และนุมนวล, 2527) จิ้งหรีด มีคุณค่าทางอาหาร โปรตีน 12.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 5.5 เปอร์เซ็นต์ และมดแดง มีคุณค่าทางอาหาร โปรตีน 13.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.5 เปอร์เซ็นต์ (คุณค่าทางอาหารคิดเป็นกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) (ทัศนีย์ และยุพา, 2557) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลาดุกยักษ์ในกระชังบก ให้เป็นอาชีพหรือเป็นอาชีพเสริม โดยเพิ่มอาหารโปรตีนและรายได้ให้แก่เกษตรกรในชนบทต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแผนการทดลองแบบบล็อกกลุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยใช้ฟาร์มเกษตรกรเป็นบล็อก จำนวน 3 ฟาร์ม แต่ละบล็อกสุ่มให้ได้รับชุดการทดลองทุกชุดการทดลอง แยกเป็นแต่ละพื้นที่

ตามกลุ่มเกษตรกร (รูปที่ 1) ปัจจัยที่ต้องการศึกษา คือ การศึกษาการให้อาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาดุกยักษ์ในกระชัง บกขนาด 1.5x2.0x0.3 เมตร (ซึ่งขนาดดังกล่าวคือส่วนที่เป็นผ้าใบใช้ในการบรรจุน้ำ โดยมีความสูงส่วนที่เป็นตาข่ายอีก 0.7 เมตร เพื่อป้องกันปลาหลบหนีและศัตรูปลา รวมเป็นความสูง 1 เมตร) เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป ร่วมกับอาหารธรรมชาติ ทำการทดลองเป็นเวลา 60 วัน โดยให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอาหารธรรมชาติ ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น 3 ชนิด ได้แก่ ปลวก จิ้งหรีด และมดแดง ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ปล่อยุคปลาดุกยักษ์ที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับปลวก จิ้งหรีดและมดแดง ตามลำดับ โดยมีกรปรับปริมาณอาหาร ทุก ๆ 15 วัน งดให้อาหาร 1 วัน ก่อนทำการชั่งวัด ดำเนินการตรวจวัดคุณสมบัติของน้ำตลอดการทดลอง ในเวลา 15.00 น. ดังนี้ อุณหภูมิ ความโปร่งแสง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย และ ความขุ่นใส วิเคราะห์ตามวิธี Standard method for the examination of water and wastewater (APHA-AWWA-WEF, 1992) โดยดำเนินการกำจัด ตะกอนพื้นบ่อ ทำความสะอาดและเปลี่ยนถ่ายน้ำด้วยทุกครั้ง

การประเมินการเจริญเติบโตของปลาทดลอง

สุ่มปลาดุกยักษ์ ในแต่ละกระชัง ๆ ละ 10 ตัว ทุก ๆ 15 วัน นำมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและความยาว และประเมินการเจริญเติบโต ดังนี้ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Growth: ADG) การเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate: SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอดตาย (วิมล, 2536) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองบล็อกสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

การประเมินผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์

ศึกษาโดย การเก็บข้อมูล ต้นทุนการผลิตนั้นจะประกอบไปด้วย ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร และรายได้ คือ ส่วนที่ได้จากผลผลิตที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์เพื่อประเมินการผลิตมีค่าวิเคราะห์ที่บ่งชี้ ได้แก่ กำไร จุดคุ้มทุน วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงปลาดุกยักษ์ในกระชังบก (ฉัตร, 2526; ศราวุธ, 2538)



Meetings Convened for Improving Farmers's Understandings on African catfish Culture In-land Based Cages



Land based cages in each study area



Feeding Termites for Fish Culture in In-land Based Cages



Feeding Crickets for Fish Culture in In-land Based Cages



Feeding Red ant for fish in-land based cages



Weighing the African catfish during the experiment



Measuring the length of African catfish during the experiment



Fish product yields obtained from the experiments conducted

รูปที่ 1 Activity of African catfish culture in In-land based cages.

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของปลา

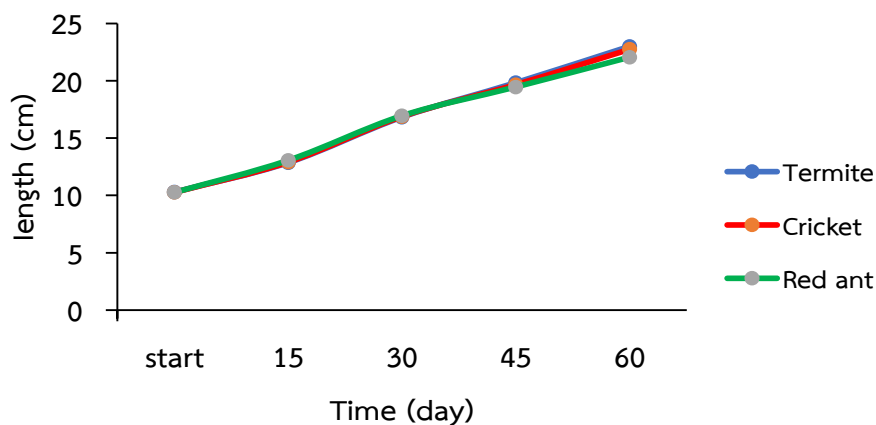
ผลการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองนี้อัตราการความหนาแน่นที่เลี้ยง 50 ตัวต่อตารางเมตรที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ร่วมกับปลวก จิ้งหรีด และมดแดง พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาทุกยี่ห้อที่เลี้ยงด้วยอาหารร่วมกับ

การให้ปลวกมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับที่เลี้ยงด้วยอาหารร่วมกับการให้จิ้งหรีดและมดแดง เช่นเดียวกับอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และการเจริญเติบโตจำเพาะ และความยาวเฉลี่ยของปลาตุ๊กกัซที่เลี้ยงด้วยอาหารร่วมกับการให้ปลวก และ จิ้งหรีด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับที่เลี้ยงด้วยอาหารร่วมกับการให้ มดแดง ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และผลผลิตต่อกระชัง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1-2, รูปที่ 2-3) แต่ผลจากการทดลองพบว่าปลาตุ๊กกัซ ที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับปลวก จะมีแนวโน้มจากการเจริญเติบโตดีที่สุด อาจเนื่องด้วยปริมาณโปรตีนและไขมันใน แมลงเม่าหรือปลวกเมื่อเปรียบเทียบกับแมลงชนิดอื่น ๆ จะเห็นว่ามีโปรตีนสูงกว่าจิ้งหรีดและมดแดง (ศรีประภา และนุมนวล, 2527) จัดเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากปริมาณเป็นสารอาหารประเภทโปรตีนและไขมัน ซึ่งโปรตีนจากสัตว์มีคุณภาพดีกว่าโปรตีนจากพืช (วิภากร, 2523) จากผลการศึกษาทั้ง 3 ชุดการทดลอง แสดงว่าการเลี้ยงปลาตุ๊กกัซในกระชังบก ในอัตราความหนาแน่นระหว่าง 50 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปร่วมกับปลวกสามารถต้นทุนอาหารได้อย่างดี เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถสร้างรายได้ สร้างแหล่งอาหารให้เพียงพอสำหรับเกษตรกรรายย่อยในประเทศไทย ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ต่ำจะแสดงว่าสัตว์ที่เลี้ยงมีประสิทธิภาพในการใช้อาหารดีกว่าค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่สูงกว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่อยู่ในสภาพแห้งโดยมีน้ำเป็นองค์ประกอบเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อจะแปรผันไปตามชนิดของสัตว์น้ำ คุณภาพของอาหาร วิธีการให้อาหาร สุขภาพของสัตว์และสภาพสิ่งแวดล้อมในเชิงธุรกิจ ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อยังได้รับผลกระทบจากอาหารที่สูญเสียไปในระหว่างการให้อาหารและอัตราการรอด (Survival) ของสัตว์ที่เลี้ยงด้วย กรณีที่มีการให้อาหารอย่างรอบคอบและสัตว์ที่เลี้ยงมีอัตราการรอดสูง ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาจะมีค่าระหว่าง 1.2-2.0 และอาจมีความเป็นไปได้ที่ค่าจะต่ำกว่า 1.0 สำหรับบางสภาวะ ซึ่งค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อจะมีประโยชน์สำหรับการศึกษาด้านโภชนศาสตร์และเศรษฐศาสตร์เชิงเปรียบเทียบ (วิรัช, 2561) และในการศึกษารังนี้พบว่าค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อนั้นสูงเนื่องจากการเสริมด้วยอาหารสดร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปและลดปริมาณการให้อาหารลง น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเลี้ยงปลาตุ๊กกัซที่ช่วยลดปริมาณการให้อาหารสำเร็จรูปได้ ทำให้ต้นทุนลดลงโดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าสูงสุด ซึ่งข้อมูลผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อกลุ่มเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสัตว์น้ำจำนวนไม่มากและแบบพอเพียง หรือกลุ่มเกษตรกรที่ทำระบบการเกษตรแบบผสมผสาน

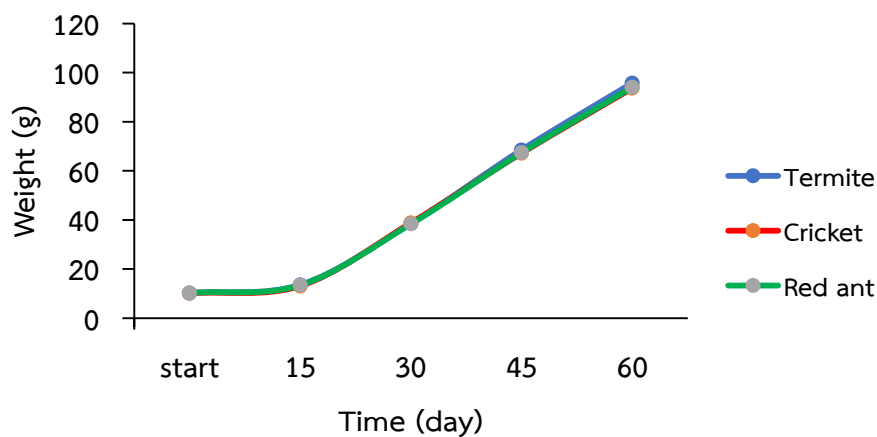
ตารางที่ 1 Average body weight ($\pm$ SD) and length ($\pm$ SD) of African catfish of each treatment at 15 days
Intervals culturing in land based cages for 60 days

Duration (days)	Food type					
	T1 (Termite)		T2 (Cricket)		T3 (Red ant)	
	weight (g)	length (cm)	weight (g)	length (cm)	weight (g)	length (cm)
start	10.19 $\pm$ 0.42 ^a	10.29 $\pm$ 0.01 ^a	10.18 $\pm$ 0.10 ^a	10.26 $\pm$ 0.04 ^a	10.26 $\pm$ 0.05 ^a	10.26 $\pm$ 0.01 ^a
15	13.54 $\pm$ 0.25 ^a	12.86 $\pm$ 0.11 ^a	13.13 $\pm$ 0.19 ^c	12.90 $\pm$ 0.81 ^a	13.42 $\pm$ 0.21 ^b	13.06 $\pm$ 0.08 ^a
30	38.55 $\pm$ 0.97 ^a	16.83 $\pm$ 0.08 ^a	38.81 $\pm$ 0.89 ^a	16.88 $\pm$ 0.09 ^a	38.40 $\pm$ 1.15 ^a	16.95 $\pm$ 0.19 ^a
45	68.52 $\pm$ 0.32 ^a	19.83 $\pm$ 0.02 ^a	67.25 $\pm$ 0.18 ^b	19.67 $\pm$ 0.05 ^a	67.45 $\pm$ 0.34 ^b	19.46 $\pm$ 0.11 ^b
60	95.76 $\pm$ 0.53 ^a	23.00 $\pm$ 0.27 ^a	93.67 $\pm$ 0.58 ^b	22.75 $\pm$ 0.22 ^a	94.09 $\pm$ 0.19 ^b	22.06 $\pm$ 0.06 ^b

Note: mean values having the same superscript within the same row (weight and length) are not significantly different ($p > 0.05$)



รูปที่ 2 Average length of each treatment at 15 days intervals culturing in land based cages for 60 days



รูปที่ 3 Average weights of each treatment at 15 days intervals culturing in land based cages for 60 days

ตารางที่ 2 Growth performance, survival rate and feed conversion ratio of African catfish cultured in land based-cages with different stocking densities for 60 days culture period (Mean±SD)

Growth parameters	Food type		
	T1 (Termite)	T2 (Cricket)	T3 (Red ant)
Initial weight (g)	10.19±0.42 ^a	10.18±0.10 ^a	10.26±0.05 ^a
Final weight (g)	95.76±0.53 ^a	93.67±0.58 ^b	94.09±0.19 ^b
Initial length (cm)	10.29±0.01 ^a	10.26±0.04 ^a	10.26±0.01 ^a
Final length (cm)	23.00±0.27 ^a	22.75±0.22 ^a	22.06±0.06 ^b
Average daily growth (ADG)	1.30±0.01 ^a	1.27±0.00 ^b	1.27±0.01 ^b
Specific growth rate; SGR (%/day)	3.73±0.01 ^a	3.70±0.02 ^b	3.70±0.00 ^b
Feed conversion ratio (FCR)	3.34±0.07 ^a	3.40±0.03 ^a	3.41±0.08 ^a
Survival rate (%)	94.67±4.16 ^a	96.00±2.00 ^a	94.67±3.18 ^a
Yield/cage (Kg)	4.53±0.19 ^a	4.49±0.07 ^a	4.45±0.20 ^a

อัตราการรอดตายของปลาดุกยักษ์ ที่เลี้ยงในกระชังบก ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่การเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัวด้วยอาหารสำเร็จรูปร่วมกับปลวก จิ้งหรีด และมดแดง มีอัตราการรอดตาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.67 ± 4.16 , 96.00 ± 2.00 และ 94.67 ± 3.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นผลเนื่องมาจากการปล่อยปลาลงเลี้ยงมีขนาดใหญ่จึงทำให้มีอัตราการรอดตายที่สูงและไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลองและมีการตรวจสอบ ติดตามเรื่องระบบน้ำ และคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมอยู่ตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง ตลอดจนมีการปรับปริมาณอาหารที่ให้อัตราส่วนการเจริญเติบโตของปลาทุก ๆ ระยะ 15 วัน ในการทดลองครั้งนี้เมื่อดำเนินการแล้วเสร็จ ได้ทำการจับผลผลิตปลาจากการทดลองทั้งหมดเพื่อไม่ให้มีการหลุดรอดลงสู่ธรรมชาติ เนื่องจากการปล่อยปลาที่เลี้ยงลงในแหล่งน้ำปลาเหล่านั้นอาจผสมพันธุ์กับปลาประชากรต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิม ทำให้พันธุกรรมของปลาเหล่านั้นทำให้ความแตกต่างระหว่างปลาต่างประชากรลดน้อยลง ซึ่งจะเป็นผลเสียอย่างยิ่งต่อโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ โดยเฉพาะเมื่อต้องการนำลักษณะใหม่ ๆ มาเพิ่มให้กับประชากรที่กำลังปรับปรุงพันธุ์ หรือเมื่อต้องการเพิ่มระดับความหลากหลายของประชากร (อุทัยรัตน์, 2544; Ryman, 1981) และ สำเนา และอุทัยรัตน์ (2551) กล่าวว่าปลาดุกยักษ์เป็นปลาล่าเหยื่อได้เก่ง สามารถกินเหยื่อที่มีขนาด $1/4$ ของตัวมันเอง สามารถกลืนกินได้ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้ทั้งตัว และสามารถย่อยเหยื่อได้ภายใน 16 ชั่วโมง ดังนั้นหากมีการหลุดหรือปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะหรือแหล่งน้ำธรรมชาติจะส่งผลให้มีการทำลายสายพันธุ์ของปลาไทยในแหล่งน้ำธรรมชาติ ถ้าไม่มีการควบคุมการเลี้ยงดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารทางธรรมชาติได้

คุณสมบัติน้ำในการทดลอง

คุณสมบัติน้ำในการทดลอง ทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่ามีค่าสูงสุด และ ค่าต่ำสุดตลอดระยะเวลาการทดลอง ดังนี้ อุณหภูมิ $21.4-33.2$ องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง $7.0-7.5$ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ $2.3-4.2$ มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง $119-136$ มิลลิกรัมต่อลิตร ความโปร่งแสง $3-13$ เซนติเมตร ปริมาณแอมโมเนีย $0.05-0.15$ มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับแอมโมเนียที่ทำให้ปลาตายอยู่ในช่วง $0.2-2.0$ มิลลิกรัมต่อลิตร (Avnimelech, 2014) คุณสมบัติของน้ำที่ทำการทดลองนี้มีคุณสมบัติที่เหมาะสม อยู่ในเกณฑ์ที่สัตว์น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ดี (ศศิธร และมณฑล, 2555; ประดิษฐ์ และคณะ, ม.ป.ป.; Boyd, 1990) และปลาดุกยักษ์เป็นปลาที่มีความอดทนสูง อีกทั้งทนทานต่อสภาพน้ำเน่าเสีย สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี (Akinwole and Faturoti, 2007; Rutaisire, 2007) จึงไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา

ตารางที่ 3 Range of some major water quality parameter inside the cage

Parameter	Food type		
	T1 (Termite)	T2 (Cricket)	T3 (Red ant)
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	21.4–32.5	21.8–33.2	22.1–33.1
pH	7.0–7.2	7.3–7.5	7.1–7.4
Dissolved oxygen (mg/l)	2.3–4.1	2.5–3.8	2.5–4.2
Alkalinity (mg/l CaCO_3)	119–129	106–136	98–126
Transparency (cm.)	3–11	5–13	5–12
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.08–0.19	0.05–0.12	0.10–0.15

ผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์

เมื่อพิจารณาจากค่าต้นทุนการผลิตทั้ง 3 ชุดการทดลองนั้น (ตารางที่ 3) การเลี้ยงที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร ด้วยอาหารสำเร็จรูปร่วมกับปลวก จิ้งหรีด และมดแดง มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 38.61, 38.96 และ 39.28 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การลงทุนเลี้ยงปลาดุกยักษ์ ที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตรร่วมกับปลวก ได้ผลกำไรเฉลี่ย 21.39 บาทต่อกิโลกรัม (ราคา ปลาดุกยักษ์ กิโลกรัมละ 60 บาท : ราคาปลา ณ ตลาดอำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม) เมื่อคิดผลตอบแทนจากการลงทุนเลี้ยงปลาดุกยักษ์โดยการประเมินค่าต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการลงทุน ปลาดุกยักษ์ที่เลี้ยงในกระชังที่ระดับความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตรที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปร่วมกับปลวก มีอัตราการเจริญเติบโตอัตราการรอดตายและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามทั้ง 3 ชุดการทดลองมีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีกำไรจากการเลี้ยง (ฉัตร, 2526) โดยเฉพาะการสมทบด้วยอาหารที่ไม่มีต้นทุนหรือต้นทุนต่ำมากในการเลี้ยง เหมาะสมกับบริบทชุมชน อนึ่งการประเมินผลค่าใช้จ่ายในการลงทุนการเลี้ยงปลาดุกยักษ์ในกระชังครั้งนี้ ยังไม่ได้ครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เช่น ค่าขนส่งอาหารปลา ค่าเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ค่าจ้างแรงงาน รวมทั้งพันธุ์ปลาเสียหายระหว่างการเลี้ยง แต่ก็เชื่อมั่นว่าได้ผลตอบแทนไม่แตกต่างไปจากนี้มากนักและถ้าเลี้ยงโดยมีปริมาณกระชังจำนวนมากก็จะส่งผลให้มีผลกำไรมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรมีการศึกษาอาหารธรรมชาติชนิดอื่น การเจริญเติบโตอาจดีและลดต้นทุนกว่านี้มากกว่านี้ อาจทำให้ได้ผลผลิตและค่าตอบแทนมากกว่านี้ เพราะว่าการศึกษาค้างนี้อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 Economic returns of African catfish land based in cage for 60 days for all experimental treatments

Item/cage	Food type		
	T1 (Termite)	T2 (Cricket)	T3 (Red ant)
1. Cost (Thai; baht)			
1.1 Fish fingerling (cost/cage ¹)	50	50	50
1.2 Fish feed (cost/cage ²)	75.58±4.45 ^a	75.83±1.51 ^a	75.50±4.21 ^a
1.3 Depreciation (cost/cage ³)	49.32	49.32	49.32
1.4 Total cost (cost/cage)	174.90±4.45 ^a	175.15±1.51 ^a	174.82±4.21 ^a
2. Fish production (Kg/cage)	4.53±0.19 ^a	4.50±0.07 ^a	4.45±0.20 ^a
2.1 production cost (baht/Kg)	38.61±0.68 ^a	38.96±0.29 ^a	39.28±0.94 ^a
3. Income (Thai; baht)			
3.1 Total income from selling fish ⁴	271.94±11.31 ^a	269.76±4.18 ^a	267.22±11.73 ^a
3.2 Profit/cage	97.04±7.04 ^a	94.61±2.76 ^a	92.41±8.03 ^a
3.3 Profit/Kg fish	21.39±0.68 ^a	21.04±0.29 ^a	20.72±0.94 ^a
4. Return on investment (%/cage)	55.44±2.75 ^a	54.01±1.16 ^a	52.82±3.65 ^a

Note: Means with different superscripts in the same row are significantly different (p<0.05)

1. Fish's cost 1.00 Baht for one fish

2. Feed's cost for 25 Baht each kilogram

3. Cage's depreciation from cage cost of one cage 300 Baht used one year

Item/cage	Food type		
	T1 (Termite)	T2 (Cricket)	T3 (Red ant)

4. Market's selling price 60 Baht

ในการศึกษานี้จึงเป็นแนวทางในการจัดการแนวทางในการพัฒนาการเลี้ยงปลาตู้ยักษ์ในกระชังบดด้วยอาหารต้นทุนต่ำ เพื่อส่งเสริมการเลี้ยงในชุมชนแบบเศรษฐกิจพอเพียงและมีอาหารโปรตีนรับประทานในครัวเรือนและชุมชน ผลการทดลองครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในด้านการลดต้นทุนค่าอาหาร เนื่องจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเสริมอาหารด้วยแมลงทั้ง 3 ชนิดจะช่วยประหยัดอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงปลาให้ได้ผลผลิต 1 กิโลกรัม ได้กำไรมากถึง 20–21 บาท โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา สอดคล้องกับ สราวุธ และสุธี (2561) ศึกษาการจัดการอาหารปลาโดยการให้อาหารสำเร็จรูปช่วงกลางวันร่วมกับการเสริมอาหารช่วงกลางคืนด้วยแมลงบินเป็นวิธีทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยประหยัดต้นทุนค่าอาหารสำเร็จรูปลงมาได้ ได้กระบวนการเรียนรู้เป็นกระบวนการในการค้นหาปัญหาและแก้ไขปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการในการแก้ไขปัญหาตนเอง โดยการศึกษาพร้อมกับชาวบ้านในชุมชน ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกับกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) (ครรชิต, 2554; วิภาวี และคณะ, 2558) ตามแนวคิดนี้มีความเชื่อว่าถ้าประชาชนที่ร่วมวิจัยในการทดลองดังกล่าวนำเอากระบวนการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ไปใช้แก้ไขปัญหาให้กับตนเอง ครอบครัวและชุมชน โดยพัฒนาทางเลือกที่เหมาะสมที่จะทำให้ตนเองหรือชุมชนสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาได้เอง ก็จะเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตของตนเองและชุมชนได้ด้วยตนเอง

บทสรุป

การเลี้ยงปลาตู้ยักษ์ในกระชังบดขนาด 1.5x2.0x0.3 เมตร จำนวน 50 ตัวต่อตารางเมตรให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปลวก จิ้งหรีด และมดแดง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.61, 38.96 และ 39.28 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และถ้าขายในอัตราต่อกิโลกรัมละ 60 บาท จะได้ ผลกำไรทั้งสิ้น 21.39, 21.04 และ 20.72 บาทต่อกิโลกรัม และมีผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 55.44, 54.01 และ 52.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลผลิตและผลตอบแทนการลงทุน พบว่าที่อัตราการปล่อย 50 ตัวต่อตารางเมตร หลังจากการเลี้ยง 60 วัน โดยให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปลวก มีผลผลิตและผลตอบแทนสูงสุด ซึ่งอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขต สุรินทร์ นายอนุชา วงษ์คำจันทร์ นางมะลิ แสนหล้า และนางรัศมี วรบุตร ชาวบ้านบ้านโนนสะอาด ตำบลหนองแดง อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัย ในส่วนของการเลี้ยงปลาตู้ยักษ์ และสนับสนุนการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ. (2544). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข: กรุงเทพฯ.

- กมลวรรณ ศุภรัญญู, บุญศิลป์ จิตตะประพันธ์, ณิชชาพล แก้วชญา และยุทธนา สว่างอารมณ์. (2557). การถ่ายทอดเทคโนโลยี การพัฒนาการเลี้ยงปลาตู้กลุ่มผสมในกระชังบนดินด้วยระบบน้ำหมุนเวียนที่บำบัดด้วยผักบึงไฮโดรโพนิกส์. สาขาวิชาการ ประมง (การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้: ชุมพร.
- เกษม เขตวัน และพิจิตร พันธุ์ศรี. (2536). ศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาตู้ใน การประชุมทาง วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31, 3-6 กุมภาพันธ์ 2536 . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 481-488.
- ครรชิต พุทธิโกษา. (2554). คู่มือพัฒนาชุมชนแห่งการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการ วิจัยแห่งชาติ (วช.): กรุงเทพฯ.
- จิตรา สิมารวัน และศุภฤชญา เหมะธูลิน. (2554). การใช้แมลงซีปะขาวทดแทนโปรตีนในสูตรอาหารปลาหม่อแปลงเพศ (*Anabas testudineus*). รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร.
- ฉัตร ชำชอง. (2526). หลักการจัดการฟาร์ม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ แจ่มจรรยา และยุพา หาญบุญทรง. (2557). ความสำคัญ ชนิดและคุณค่าทางโภชนาการของแมลงกินได้. สำนักงาน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.
- ธิดารัตน์ พันโท. (2563). แมลงกินได้: คุณค่าทางโภชนาการและการแปรรูปเพื่อนำไปใช้ประโยชน์. วารสารอาหาร. 50(1): 5-12.
- นฤมล อัสวเกศมณี. (2557). โภชนศาสตร์และการให้อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.
- บราลี ทุมกานนท์. (2533). การเพาะเลี้ยงและอนุบาลปลาดุกยักษ์. สำนักพิมพ์ฟาร์มบราลี: นนทบุรี.
- ประดิษฐ์ ศรีภัทรประสิทธิ์, จามินวัสน์ พิลาศเอมอร, กฤษณา เดชะสัตยา, พิมพ์ดา บัวสี, เจนจิรา เฉลยพจน์, อภินันท์ สมาน วงษ์ และอรรวรรณ ประเสริฐสุข. (ม.ป.ป.). โครงการส่งเสริมเกษตรกรด้านการประมง. กลุ่มงานพัฒนาบริหารงานส่วน ภูมิภาค สำนักงานตรวจราชการกรม กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุจินต์ หนูขวัญ, ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ และกำชัย ลาวัณยุทธิ. (2533). ปีกอปลาเศรษฐกิจชนิดใหม่. สถาบัน วิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.
- เมฆ มากล้น, ประณีต งามเสน่ห์, กฤติมา เสาวกุล และสำเนา เสาวกุล. (2563). ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโต และผลตอบแทนของปลาดุกยักษ์ที่เลี้ยงในกระชังบก. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏวชิร ครั้งที่ 11 “วิจัยและนวัตกรรมวิถีใหม่” 17-18 กันยายน 2563. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์. สุรินทร์. A202.
- วิภากร สถยรัตน์นันท์. (2523). แมลงแหล่งอาหารที่ถูกลืม. วารสารสุขภาพสำหรับประชาชน. 8: 61-64.
- วิภาวี ไทเมืองพล, วัฒนะ สีสากัฏ, ภัททิรา เกษมศิริ, เมธาวี รอดมงคลดี และร่วมฤดี พานจันทร์. 2558. กระบวนการเรียนรู้ เพื่อสร้างความมั่นคง ในการประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของ เกษตรกรบ้านยางน้อย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัด มหาสารคาม. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. 7(11): 34-51.
- วิมล จันทรโรทัย. (2536). การวางแผนการวิจัยด้านอาหารปลา. วารสารการประมง. 46(4): 323-330.
- วิรัช จิวแหยม. (2561). หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการจัดการคุณภาพน้ำ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- ศราวุธ เจ๊ะโสะ. (2538). การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนด้านการเงินของการเลี้ยงปลาสดแบบพัฒนาในพื้นที่พรุ จังหวัด นราธิวาส. วารสารการประมง. 48(5): 145-427.
- ศรีประภา พรหมะกิจ และนุมนวล อุดมพจนานนท์. (2527). การวิเคราะห์คุณค่าอาหารในแมลงเม่า. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

- ศศิธร พินิรมย์ และมณฑล แก่นมณี. (2555). การศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาน้ำจืดเพื่อนำไปใช้ในการจัดการบ่อ. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 สาขาสัตวศาสตร์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง. กรุงเทพฯ. 562–573.
- สมหมาย เรียงสันเทียะ และอัญริ เรืองเดช. (2558). การใช้จิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารกบ. วารสารเกษตร พระจอมเกล้า. 33(2): 102–109.
- สราวุธ เย็นเอง และสุธี เกื้อเกตุ. (2561). การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อของปลาดุกกลุ่มผสมที่เลี้ยงโดยให้อาหารสำเร็จรูปรวมกับการเสริมอาหารช่วงกลางคืนด้วยแมลงบินจากกับดักเครื่องดูดแมลงอัตโนมัติ. วารสารวิชาการสถาบันอาชีวศึกษา. 2(2): 19–29.
- สุรพล ชลดำรงกุล และ ภาณุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง. (2530). การศึกษาเบื้องต้นในการเพิ่มคุณค่าทางอาหารของมูลสัตว์โดยชีววิธีเพื่อใช้เป็นอาหารปลา. ใน การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 25 สาขาสัตว์ 3–5 กุมภาพันธ์ 2530, กรุงเทพฯ. 216–228.
- สำเนาวิ เสาวกุล. (2561). ปลาดุก: การเพาะเลี้ยงและบทบาทในระบบนิเวศน์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์รุ่งโรจน์เกียรติออฟเซต: สุรินทร์.
- สำเนาวิ เสาวกุล และหทัยรัตน์ เสาวกุล. (2551). ความสามารถในการจับกินลูกปลาและประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของปลาดุกยักษ์. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 “เกษตรศาสตร์เทิดพระเกียรติ 80 พรรษา เพื่อประเทศไทยอยู่เย็นเป็นสุข” 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 515–524.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. (2544). ปลาดุก: การเพาะขยายพันธุ์ การเลี้ยงและโรคต่าง ๆ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- Akinwale A.O. and Faturoti E.O. (2007). Biological performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in recirculating system in Ibadan. Aquaculture engineering. 36: 18–23.
- APHA-AWWA-WEF. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater, 14^{ed}, American public health association: Washington D.C.
- Arru B., Furesi R., Gasco L., Madau F.A. and Pulina P. (2019). The introduction of insect meal into fish diet: The first economic analysis on european sea bass farming. Sustainability. 11(1697): 1–16.
- Avnimelech Y. (2014). เทคโนโลยีไบโอฟล็อก : หนังสือแนะนำการปฏิบัติ แปลจาก Biofloc technology a practical guidebook. โดย สุชาติ อังธรรมจิตร. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- Boyd C.E. (1990). Water quality in pond for aquaculture. Alabama agricultural experiment station, Auburn University: Auburn Alabama.
- De Graaf G.J. and Janssen H. (1996). Artificial reproduction and pond rearing of the African catfish *Clarias gariepinus* in sub-Saharan Africa—a handbook. FAO Fisheries Technical Paper. No. 362. FAO: Rome.
- FAO. (2018). Fishery and aquaculture statistics. Rome. accessed 13 Jan. 2021. <http://www.fao.org/3/cb1213t/CB1213T.pdf>.
- Govaerts F. (2018). Introducing insect-based salmon feed: From a nutritional, economic, legal and marketing perspective. Master's thesis in international fisheries management. Faculty of biosciences, Fisheries and economics, The Arctic university of Norway.
- Hecht T. (2013). A review of on-farm feed management practices for North African catfish (*Clarias gariepinus*) in sub-Saharan Africa. In M.R. Hasan and M.B. New, eds. *On-farm feeding and feed*

management in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583 FAO. Rome. 463–479.

- Henry M., Gasco L., Piccolo G. and Fountoulaki E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*. 203: 1–22
- Hey D. (1941). *Practical freshwater fish culture*. Cape Nature Conservation: Cape Town.
- Isyagi N.A., Veverica K.L., Asiimwe R. and Daniels W.H. (2009). *Manual for the commercial pond production of the African catfish in Uganda*. USAID-FISH Project.
- Nogales-Merida S., Gobbi P., Jozefiak D., Mazurkiewicz J., Dudek K., Rawski M., Kieronczyk B. and Jozefiak A. (2019). Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture*. 11: 1080–1103
- Okomoda V.T. (2018). Hybridization between *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) and *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Doctor of Philosophy in Fisheries. University Malaysia Terengganu.
- Okomoda V.T., Aminem W.b., Hassan A.c. and Martins C.O. (2019). Effects of feeding frequency on fry and fingerlings of African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*. 511: 734232.
- Pulina P., Arru B., Madau F.A., Furesi R. and Gasco L. (2018). Insect meal in the fish diet and feeding cost: First economic simulations on European sea bass farming by a case study in Italy. In 30th International conference agriculture economists July 28–August 2, 2018. Vancouver.
- Rutaisire J. (2007). Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in Uganda. In Hasan M.R., Hecht T., De Silva S.S. and Tacon A.G.J., Editors. *Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development*. FAO Fisheries Technical Paper No. 497: Rome. 471–487.
- Ryman N. (1981). Conservation of genetic resources: Experiences from the brown trout (*Salmo trutta*). In Ryman N., Editor. *Fish Gene Pools*. Ecological Bulletins No.34. The Editorial Service of FRN. Stockholm. 61–74.
- Trans G., Heuzé, V and Makkar H.P.S. (2015). Insects in fish diets. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Animal Production and Health Division, Rome. 5(2): 37–44.

Received: February 22, 2021; Revised: March 15, 2021; Accepted: March 22, 2021

การทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนสำหรับการวัดค่าความดันของ ของเหลว

Performance testing of barometer sensor in smartphone for liquid pressure measurement

ชาติ ทีณะ^{1*} สุทัศน์ จันบัวลา¹ ยุทธนา พิมพทองงาม¹ และวิชา ฉิมพลี¹

Chat Teeka^{1*}, Sutas Janbuala¹, Yutthana Pimthongngam¹ and Witcha Chimphlee¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร

*Corresponding Author E-mail Address : chat_tee@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ เป็นการนำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์บาร์อมิเตอร์ และแอปพลิเคชันวัดค่าความดันบน iPhone 8 (แอปพลิเคชัน Barometer Plus และ Bar-o-Meter-Altimeter & Barometer) และ Samsung Galaxy Note 9 (แอปพลิเคชัน Barometer Plus และ Physics Toolbox Sensor Suited) ในการวัดค่าความดันของน้ำ ($\rho_w = 1.000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) และน้ำสไปรท์ ($\rho_s = 1.067 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) ผลการวิจัย พบว่า เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์และแอปพลิเคชันวัดค่าความดันบน iPhone 8 วัดค่าความดันของน้ำสไปรท์ได้แม่นยำกว่าน้ำ ในขณะที่เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บน Samsung Galaxy Note 9 วัดค่าความดันของน้ำได้แม่นยำกว่าน้ำสไปรท์ โดยค่าความดันที่วัดได้ทั้ง iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดเทียบกับทฤษฎีมีค่าน้อยกว่า 1 จึงสรุปได้ว่า เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์และแอปพลิเคชันวัดค่าความดันบน iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงในการวัดค่าความดันของของเหลว เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนทั้งในระบบปฏิบัติการ iOS และ Android นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดค่าความดันของของเหลวที่ไหลในท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ กัน เพื่อหาค่าแรงดันของของเหลวต่อพื้นที่ภาคตัดขวางต่าง ๆ ได้

คำสำคัญ: การทดสอบประสิทธิภาพ เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์ สมาร์ตโฟน ความดันของของเหลว

Abstract

In this paper, we presented results of the performance of barometer sensors and pressure measurement applications on iPhone 8 (Barometer Plus and Bar-o-Meter-Altimeter & Barometer applications) and Samsung Galaxy Note 9 (Barometer Plus and Physics Toolbox Sensor Suited applications) to measure the

pressure of water ($p_w=1.000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) and sprite ($p_s=1.067 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$). The research results found that, the Barometer sensor and application on iPhone 8 can be measured precisely the water pressure more than sprite. Moreover, Samsung Galaxy Note 9 can be measured precisely the sprite pressure more than water. The percent errors of liquid pressure measured both iPhone 8 and Samsung Galaxy Note 9 have been less than 1. Conclusion that, the barometer sensors and pressure measurement applications on iPhone 8 and Samsung Galaxy Note 9 have been high efficiencies and precise in measuring liquid pressure. In application, the barometer sensors both on iOS and Android smartphones can be used measuring the pressure of liquid flow through the pipe in many dimensions to find the liquid force per cross-sectional area.

Keywords: Efficiency testing, Barometer sensor, Smartphone, Liquid pressure

บทนำ

ในปัจจุบันโลกของเราได้ก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 หรือยุคไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งเป็นยุคที่เกิดการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากทางด้านเทคโนโลยี ผู้พัฒนาและออกแบบจึงสร้างผลิตภัณฑ์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขึ้นมามากมาย สำหรับเป็นสิ่งที่สามารถอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ได้ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น เราจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันสมาร์ทโฟนได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตมนุษย์มากยิ่งขึ้น เนื่องมาจากสมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์ที่กะทัดรัด พกพาง่าย และสามารถตอบสนองสิ่งที่มนุษย์ต้องการได้ เช่น การทำงานผ่านทางออนไลน์ การซื้อขายสินค้า การติดต่อสื่อสาร หรือการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ เป็นต้น ในไม่กี่ปีที่ผ่านมาผู้พัฒนาได้มีการพัฒนาเซนเซอร์ต่าง ๆ ติดตั้งลงบนเมนบอร์ดสมาร์ทโฟน (Chen et al., 2014; Countryman, 2014) ให้มีระบบปฏิบัติการและฟีเจอร์ที่ทันสมัย รวมทั้งตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้มากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มยอดขายทางการตลาดและเพิ่มประโยชน์ให้กับผู้ใช้งาน ซึ่งการเพิ่มเซนเซอร์ถือว่าการพัฒนาสมาร์ทโฟนรูปแบบหนึ่ง (Countryman, 2014; Daponte et al., 2013) โดยเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและประโยชน์ในการใช้งานจากสมาร์ทโฟน เช่น เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์ เป็นต้น กล่าวคือ เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์ในสมาร์ทโฟนสามารถทำการวัดระดับความสูงในขณะที่อยู่บนพื้นที่สูง อีกทั้งเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์สามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน (Vanini et al., 2016) เพื่อใช้ศึกษาหาความดันบรรยากาศ (Monteiro et al., 2016) และระดับความสูงที่เราต้องการทราบ (Monteiro and Martí, 2017) รวมไปถึงการใช้ประโยชน์ทางด้านการศึกษาทดลองทางฟิสิกส์ (Vieyra et al., 2017) ซึ่งผู้เรียนหรือผู้สอนสามารถประยุกต์ใช้เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์ที่ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทำกิจกรรมการทดลอง เช่น กิจกรรมการทดลอง เรื่อง ความดัน พบว่าเครื่องมือในการทดลองอาจจะมีไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้เรียน หรือบางครั้งเครื่องมืออาจจะมีการชำรุดเสียหาย ซึ่งส่งผลต่อการศึกษาดังนั้นการนำเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์ที่ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนมาประยุกต์ใช้ในการทำกิจกรรมการทดลองนั้น อาจจะทำให้ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมการทดลองได้แบบรายบุคคลหรือเพียงพอต่อจำนวนของผู้เรียน นอกจากนี้การประยุกต์ใช้เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์ที่ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนยังมีความสะดวกและรวดเร็วในการคำนวณปริมาณค่าต่าง ๆ ทางฟิสิกส์อีกด้วย (Kuhn and Vogt, 2013; Oprea and Miron, 2014; Vogt and Kuhn, 2014; González et al., 2015; Sans et al., 2015) รวมทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมการทดลองมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีเรื่องของไหลได้อีกด้วย

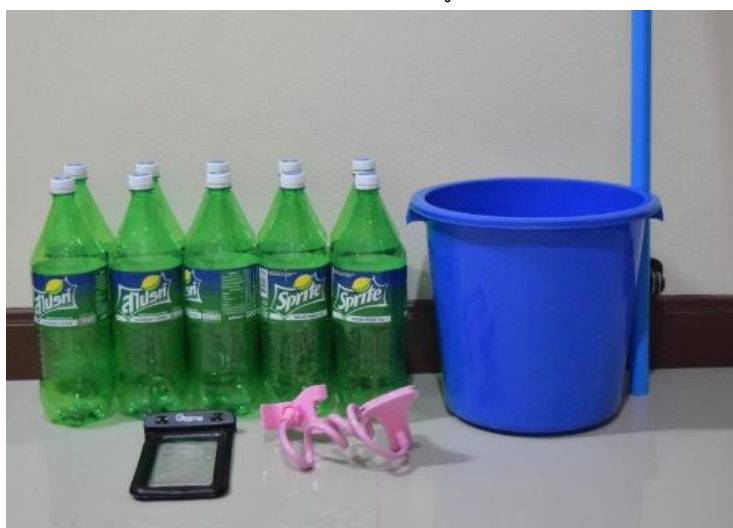
ในการวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์บาร์อมิเตอร์และแอปพลิเคชันบน สมาร์ทโฟนทั้งในระบบปฏิบัติการ iOS (iPhone 8) และ Android (Samsung Note 9) ในการวัดค่าความดันของของเหลวตัวอย่าง คือ น้ำ และน้ำสไปรท์

เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์ (Barometer Sensor/Pressure Sensor) คือ เซนเซอร์ที่ติดตั้งบนเมนบอร์ดของสมาร์ทโฟนสำหรับใช้ในการตรวจวัดความดันอากาศหรือความกดอากาศ สามารถใช้วัดค่าความดันที่ระดับความสูงต่าง ๆ เหนือพื้นดิน และที่ระดับความลึกของของเหลว โดยค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น hPa (1 hPa=100 Pa) ข้อดีของการใช้เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ทโฟน คือ สามารถใช้ วัดค่าความดันอากาศได้ทุกที่ที่เราต้องการวัดค่า สะดวกและใช้งานง่าย ข้อเสีย คือ เนื่องจาก Barometer Sensor/Pressure Sensor มีในสมาร์ทโฟนบางรุ่นเท่านั้น เช่น ในระบบปฏิบัติการ iOS เริ่มมีใน iPhone 6 เป็นต้น และในระบบปฏิบัติการ Android เริ่มมีใน Samsung Galaxy Note 5 เป็นต้น ทั้งนี้สามารถตรวจสอบว่าสมาร์ทโฟนรุ่นใดมี Barometer Sensor/Pressure Sensor หรือไม่ ได้ที่ <http://www.techmoblog.com> ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ทโฟนทั้งในระบบปฏิบัติการ iOS และ Android ในการวัดค่าความดันของน้ำและน้ำสไปรท์

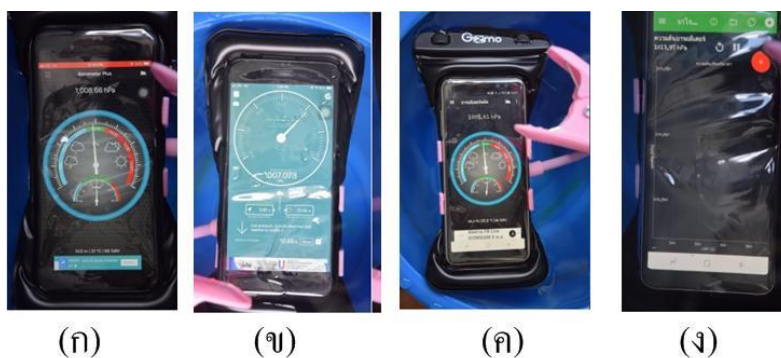
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์การวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้อุปกรณ์ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยของเหลว ได้แก่ น้ำ (ความหนาแน่น $\rho_w = 1.000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) และน้ำสไปรท์ (ความหนาแน่น $\rho_s = 1.067 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) เนื่องจากน้ำและน้ำสไปรท์มีความใสเหมือนกัน จึงเลือกใช้เป็นของเหลวในการวิจัยครั้งนี้ ตลับเมตร ซองกันน้ำและที่ยึดชนิดหนีบสำหรับใส่สมาร์ทโฟน สมาร์ทโฟน ระบบปฏิบัติการ iOS (iPhone 8) และระบบปฏิบัติการ Android (Samsung Galaxy Note 9) ถังพลาสติกสำหรับใส่ของเหลว ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ยาว 1 เมตร และ แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ iOS (Barometer Plus และ Bar-o-Meter-Altitude & Barometer แสดงดังรูปที่ 2 (ก)-(ข)) และบนระบบปฏิบัติการ Android (Barometer Plus และ Physics Toolbox Sensor Suite แสดงดังรูปที่ 2 (ค)-(ง))



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์การทดลองวัดความดันในของเหลว



รูปที่ 2 เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์และแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนของระบบปฏิบัติการ (ก) iOS (Barometer Plus)

(ข) iOS (Barometer & Altimeter) (ค) Android (Barometer Plus) และ

(ง) Android (Physics Toolbox Sensor Suite)

ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์และแอปพลิเคชันวัดความดันบนสมาร์ทโฟนด้วยกฎของสตีเวนตามวิธีการทดลองของ Macchia (2016) โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

(1) นำตลับเมตรวัดตามยาวท่อ PVC ตั้งแต่ปลายของท่อจนได้ความยาว 27 เซนติเมตร โดยวาดสเกลลงบนท่อโดยที่จุดเริ่มต้น 0 เซนติเมตรอยู่ที่บริเวณกลางท่อ และจุด 27 เซนติเมตร อยู่ที่บริเวณปลายท่อ

(2) นำน้ำเปล่า/น้ำสไปรท์เทลงในถังน้ำพลาสติก โดยให้ระดับน้ำสูงจากก้นถัง 20 เซนติเมตร

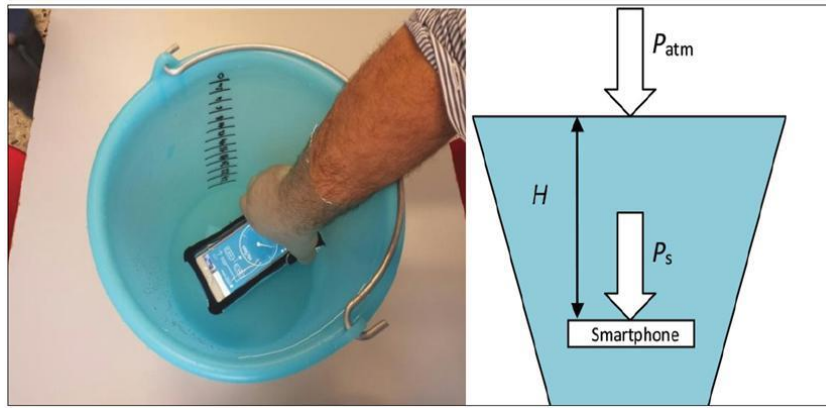
(3) นำอุปกรณ์สำหรับยึดติดสมาร์ทโฟนชนิดหนีบพันรอบท่อ PVC โดยใช้ปลายด้านหนีบที่ขนาดใหญ่กว่ายึดติดกับท่อ PVC ส่วนด้านที่เล็กกว่าปรับให้หงายขึ้นด้านบน เพื่อใช้สำหรับติดตั้งสมาร์ทโฟนในการทดลอง

(4) นำน้ำ/น้ำสไปรท์ที่เตรียมไว้เทลงถังพลาสติกตามระดับความสูงที่กำหนด (20 เซนติเมตร)

(5) วัดค่าความดันของน้ำที่ตำแหน่งแตกต่างกัน (ตำแหน่งที่ 1 (0 cm) ตำแหน่งที่ 2 (5 cm) ตำแหน่งที่ 3 (10 cm) ตำแหน่งที่ 4 (15 cm) และตำแหน่งที่ 5 (20 cm) ตามลำดับ) โดยใช้เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์ของสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ iOS ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชัน Barometer Plus และ Bar-o-Meter-Altimeter & Barometer และสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชัน Barometer Plus และ Physics Toolbox Sensor Suite

(6) บันทึกค่าความดันที่ระดับความลึกต่าง ๆ ที่ได้จากแอปพลิเคชัน แล้วนำค่าความดันจากการทดลองไปเปรียบเทียบกับค่าความดันจากการคำนวณตามทฤษฎี

การทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์และแอปพลิเคชันวัดความดันบนสมาร์ทโฟนด้วยกฎของสตีเวนตามวิธีการทดลองของ Macchia (2016) ด้วยการนำสมาร์ทโฟน (ใส่ช่องกั้นน้ำ) จุ่มลงในของเหลวที่ระดับความลึกต่าง ๆ เพื่อวัดค่าความดันแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์วัดความดันบนสมาร์ทโฟน (ภาพซ้ายมือ) และ องค์ประกอบของความดันที่กระทำต่อสมาร์ทโฟน (ภาพขวามือ) (Macchia, 2016)

Macchia (2016) ได้ทำการศึกษาวัดค่าความดันของของไหลตามความสัมพันธ์ของกฎของสตีเวน ดังสมการที่ (1)

$$P_s = \rho g H + P_{atm} \quad (1)$$

เมื่อ P_s คือความดันของของเหลวที่ทำการวัด (ในหน่วย hPa) P_{atm} คือ ความดันบรรยากาศของอากาศที่เกิดขึ้นบนผิวของของเหลว (ในหน่วย hPa) (โดยที่ 1 Pa=0.01 hPa) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ Aneroid Barometer BTI® วัดค่า P_{atm} ที่ระดับผิวของของเหลว 0 cm (น้ำและน้ำสไปร์ท) ได้ค่า $P_{atm}=1008.21$ hPa (= 1.00821×10^5 Pa เป็นค่าทางทฤษฎี) ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว (ในหน่วย kg/m³) โดยความหนาแน่นของน้ำ (ρ_w) เท่ากับ 1.000×10^3 kg/m³ และน้ำสไปร์ท (ρ_s) เท่ากับ 1.067×10^3 kg/m³ (1.6 kg/ 1.5×10^{-3} m³) g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.80 m/s²) และ H คือ ความลึกของสมาร์ทโฟนที่จมอยู่ในของเหลว (ในหน่วย cm) และใช้สมการ (1) ในการคำนวณค่าความดันของของเหลวที่ระดับความลึกต่าง ๆ

การคำนวณค่าความดันทางทฤษฎี

การคำนวณค่าความดันในทางทฤษฎีโดยใช้สมการที่ (1) ค่า P_{atm} วัดค่าด้วย Aneroid Barometer BTI® ที่ระดับผิวของของเหลว 0 cm (น้ำและน้ำสไปร์ท) ได้ค่า $P_{atm}=1008.21$ hPa ตัวอย่างการคำนวณค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึก 5 cm ดังนี้

$$P_s = \rho g H + P_{atm} = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)(5 \times 10^{-2} \text{ m})(0.01 \text{ hPa}) + 1008.21 \text{ hPa} = 1013.11 \text{ hPa}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าความดันของน้ำสไปร์ทที่ระดับความลึก 5 cm ดังนี้

$$P_s = \rho g H + P_{atm} = (1067 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)(5 \times 10^{-2} \text{ m})(0.01 \text{ hPa}) + 1008.21 \text{ hPa} = 1013.44 \text{ hPa}$$

ผลการวิจัย

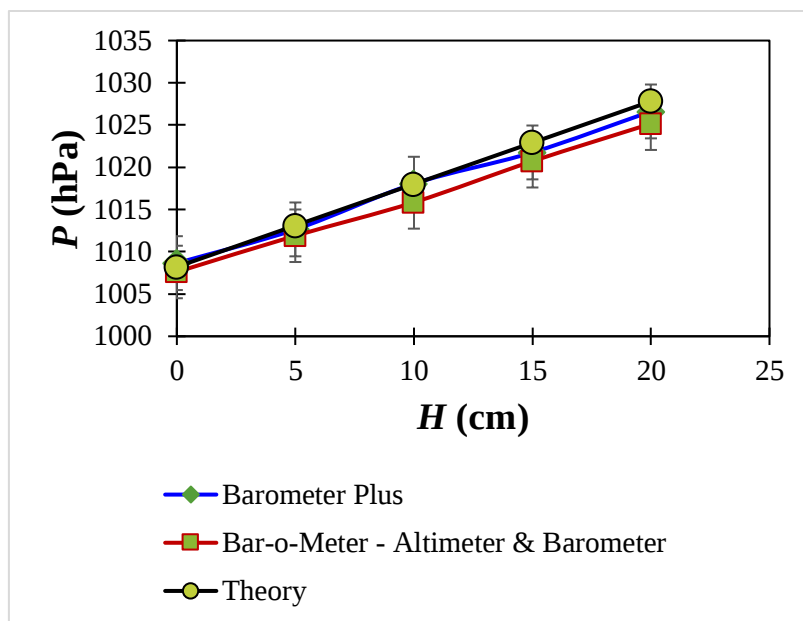
1. การวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ค่าความดันบรรยากาศที่ใช้เป็นค่าทฤษฎีเป็นค่าที่วัดโดยใช้ Aneroid Barometer BTI® วัดค่าความดันที่ผิวน้ำระดับ 0 cm ได้ค่าความดันบรรยากาศ (P_{atm}) 1008.21 hPa และใช้ค่าความดันบรรยากาศ (P_{atm}) นี้แทนค่าในสมการที่ (1) และน้ำที่ใช้ในการทดลองมีความหนาแน่น (ρ_w) เท่ากับ $1.000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ค่าความดันที่วัดด้วยเซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ iOS และ Android และค่าคำนวณทางทฤษฎี แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ iOS

ระดับความลึก	ความดันในของของเหลว, P (hPa)					ค่าทฤษฎี	% Error
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.		
Barometer Plus App							
0 cm	1008.66	1008.66	1008.66	1008.66	0.00	1008.21	0.045
5 cm	1012.04	1011.95	1013.97	1012.65	1.14	1013.11	0.045
10 cm	1017.73	1017.79	1018.66	1018.06	0.52	1018.01	0.005
15 cm	1021.52	1021.27	1022.50	1021.76	0.65	1022.91	0.112
20 cm	1026.50	1027.30	1026.02	1026.61	0.65	1027.81	0.117
Bar-o-Meter-Altimeter & Barometer App							
0 cm	1007.07	1008.65	1007.10	1007.61	0.90	1008.21	0.060
5 cm	1011.62	1012.32	1011.75	1011.90	0.37	1013.11	0.119
10 cm	1015.41	1016.62	1015.52	1015.85	0.67	1018.01	0.212
15 cm	1020.33	1021.52	1020.32	1020.72	0.69	1022.91	0.214
20 cm	1024.24	1025.03	1026.21	1025.16	0.99	1027.81	0.258

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 วัดค่าความดันที่ระดับความลึกแตกต่างกัน (0–20 เซนติเมตร) โดยใช้เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บน iPhone 8 ประกอบด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus และ Bar -O-Meter- Altimeter & Barometer พบว่า ที่ระดับ 0 cm การวัดค่าความดันของน้ำ 3 ซ้ำด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus ได้ค่าเท่ากันทุกครั้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีความคลาดเคลื่อน 0.045% ในขณะที่ทำการวัดค่าความดันของน้ำ 3 ซ้ำด้วยแอปพลิเคชัน Bar -O-Meter- Altimeter & Barometer พบว่า ได้ค่าแตกต่างกันและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.90 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีความคลาดเคลื่อน 0.060% และเมื่อทำการวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ พบว่า ค่าความดันมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และสอดคล้องกับค่าคำนวณทางทฤษฎี เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดได้กับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ 0.258 ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนน้อยมาก (น้อยกว่า 1%) เมื่อนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดด้วยเซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ตโฟน (Barometer Plus และ Bar -O-Meter- Altimeter & Barometer) กับค่าทางทฤษฎีแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus ให้ค่าใกล้เคียงทฤษฎีมากกว่าการวัดด้วยแอปพลิเคชัน Bar -O-Meter- Altimeter & Barometer



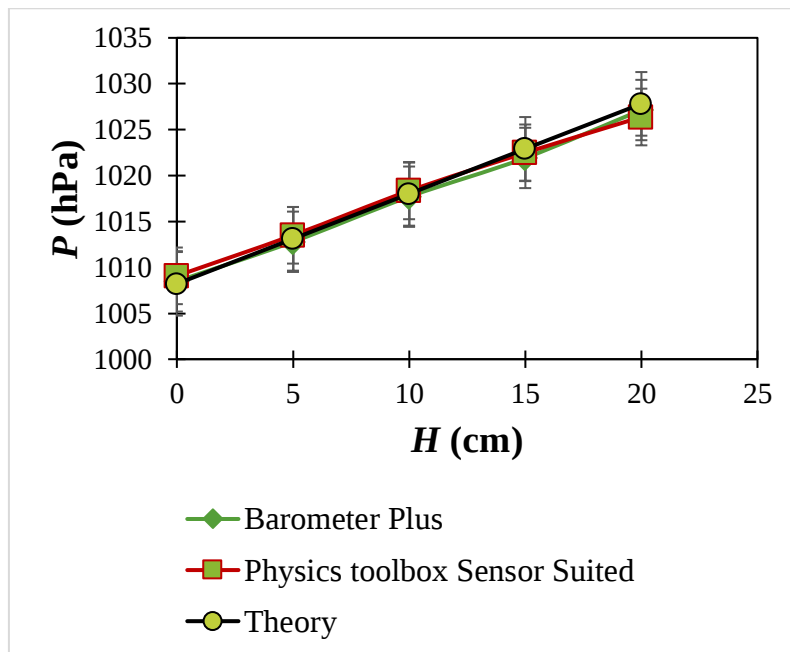
รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ iOS กับทฤษฎี

ตารางที่ 2 ผลการทดลองวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ Android

ระดับความลึก	ความดันในของของเหลว, P (hPa)					ค่าทฤษฎี	% Error
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.		
Barometer Plus App							
0 cm	1008.41	1008.39	1008.66	1008.48	0.15	1008.21	0.027
5 cm	1013.34	1012.95	1012.09	1012.79	0.64	1013.11	0.032
10 cm	1017.80	1017.79	1017.32	1017.70	0.27	1018.01	0.030
15 cm	1021.38	1022.73	1021.65	1021.92	0.71	1022.91	0.097
20 cm	1026.91	1027.52	1026.98	1027.14	0.33	1027.81	0.065
Physics toolbox Sensor Suited App							
0 cm	1009.36	1008.93	1008.95	1009.08	0.24	1008.21	0.086
5 cm	1013.97	1012.96	1013.56	1013.50	0.51	1013.11	0.038
10 cm	1018.99	1017.55	1018.45	1018.33	0.73	1018.01	0.031
15 cm	1022.99	1022.52	1021.93	1022.48	0.53	1022.91	0.042
20 cm	1026.60	1025.95	1026.59	1026.38	0.37	1027.81	0.139

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 วัดค่าความดันที่ระดับความลึกแตกต่างกัน (0 – 20 เซนติเมตร) โดยใช้เซนเซอร์บาร์อมิเตอร์บน Samsung Galaxy Note 9 ประกอบด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus และ Physics toolbox Sensor Suited พบว่า ที่ระดับ 0 cm การวัดค่าความดันของน้ำ 3 ซ้ำด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus ได้ค่าความดันของน้ำ

แตกต่างกันเล็กน้อยและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีความคลาดเคลื่อน 0.027% ในขณะที่ทำการวัดค่าความดันของน้ำ 3 ซ้ำด้วยแอปพลิเคชัน Physics toolbox Sensor Suited พบว่า ได้ค่าความดันของน้ำแตกต่างกันและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.24 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีความคลาดเคลื่อน 0.086% และเมื่อทำการวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ พบว่า ค่าความดันมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และสอดคล้องกับค่าคำนวณทางทฤษฎี เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดได้กับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ 0.139 ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนน้อยมาก (น้อยกว่า 1%) เมื่อนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดด้วยเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ทโฟน (Barometer Plus และ Physics toolbox Sensor Suited) กับค่าทางทฤษฎีแสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus ให้ค่าใกล้เคียงทฤษฎีมากกว่าการวัดด้วยแอปพลิเคชัน Physics toolbox Sensor Suited



รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android กับค่าทางทฤษฎี

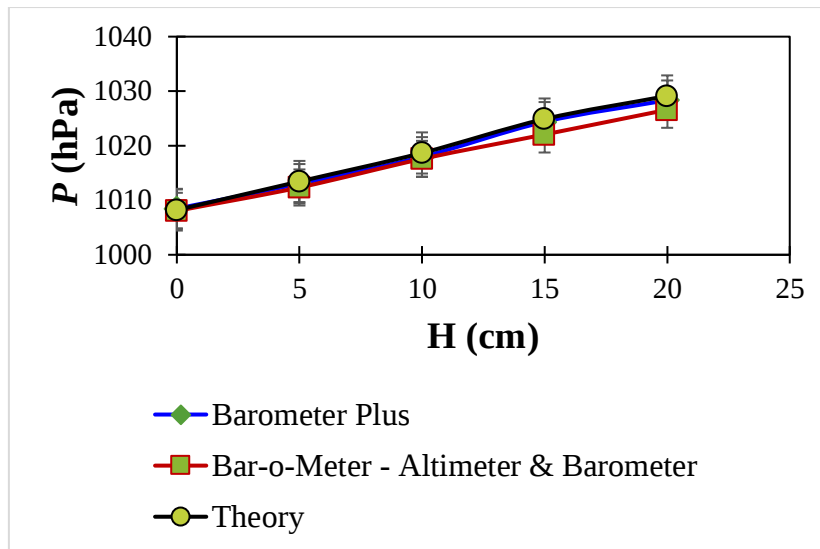
2. การวัดค่าความดันน้ำสไปรท์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ

ค่าความดันบรรยากาศที่ใช้เป็นค่าทฤษฎีเป็นค่าที่วัดโดย Aneroid Barometer BTI® วัดค่าความดันที่ผิวน้ำสไปรท์ระดับ 0 cm ได้ค่าความดันบรรยากาศ (P_{atm}) 1008.21 hPa และใช้ค่าความดันบรรยากาศ (P_{atm}) นี้แทนค่าในสมการที่ (1) และน้ำสไปรท์ที่ใช้ในการทดลองมีความหนาแน่น (ρ_s) เท่ากับ $1.067 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ค่าความดันที่วัดด้วยเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ iOS และ Android และค่าคำนวณทางทฤษฎี แสดงดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดลองวัดค่าความดันของน้ำสไปร์ทที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ iOS

ระดับความลึก	ความดันในช่องของเหลว, P (hPa)					ค่าทฤษฎี	% Error
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.		
Barometer Plus App							
0 cm	1008.73	1008.13	1008.55	1008.47	0.31	1008.21	0.026
5 cm	1013.17	1012.99	1012.57	1013.01	0.31	1013.44	0.042
10 cm	1018.36	1018.01	1017.75	1017.95	0.31	1018.67	0.071
15 cm	1023.04	1024.32	1023.47	1024.38	0.65	1024.89	0.050
20 cm	1027.05	1028.56	1027.31	1028.34	0.81	1029.12	0.076
Bar-o-Meter-Altimeter & Barometer App							
0 cm	1008.18	1008.02	1007.95	1008.05	0.12	1008.21	0.016
5 cm	1012.07	1012.00	1011.94	1012.34	0.07	1013.44	0.109
10 cm	1017.86	1017.56	1017.32	1017.58	0.27	1018.67	0.107
15 cm	1022.17	1022.02	1021.98	1022.06	0.10	1024.89	0.276
20 cm	1026.89	1026.53	1026.34	1026.59	0.28	1029.12	0.246

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 วัดค่าความดันของน้ำสไปร์ทที่ระดับความลึกแตกต่างกัน (0–20 เซนติเมตร) โดยใช้เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บน iPhone 8 ประกอบด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus และ Bar -O-Meter- Altimeter & Barometer พบว่า ที่ระดับ 0 cm การวัดค่าความดันของน้ำสไปร์ท 3 ซ้ำด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus ได้ค่าความดันแตกต่างกันเล็กน้อยและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดค่าความดันเท่ากับ 0.31 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีพบว่า มีความคลาดเคลื่อน 0.026% ในขณะที่ทำการวัดค่าความดันของน้ำสไปร์ท 3 ซ้ำด้วยแอปพลิเคชัน Bar -O-Meter- Altimeter & Barometer พบว่า ได้ค่าความดันแตกต่างกันเล็กน้อยและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดเท่ากับ 0.21 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีพบว่า มีความคลาดเคลื่อน 0.016% และเมื่อทำการวัดค่าความดันของน้ำสไปร์ทที่ระดับความลึกต่าง ๆ พบว่า ค่าความดันที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และสอดคล้องกับค่าคำนวณทางทฤษฎี เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดได้กับค่าทางทฤษฎีพบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ 0.246 ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนน้อยมาก (น้อยกว่า 1%) เมื่อนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดด้วยเซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บน iPhone 8 (Barometer Plus และ Bar -O-Meter- Altimeter & Barometer) กับค่าทางทฤษฎีแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus ให้ค่าใกล้เคียงทฤษฎีมากกว่าการวัดด้วยแอปพลิเคชัน Bar -O-Meter- Altimeter & Barometer



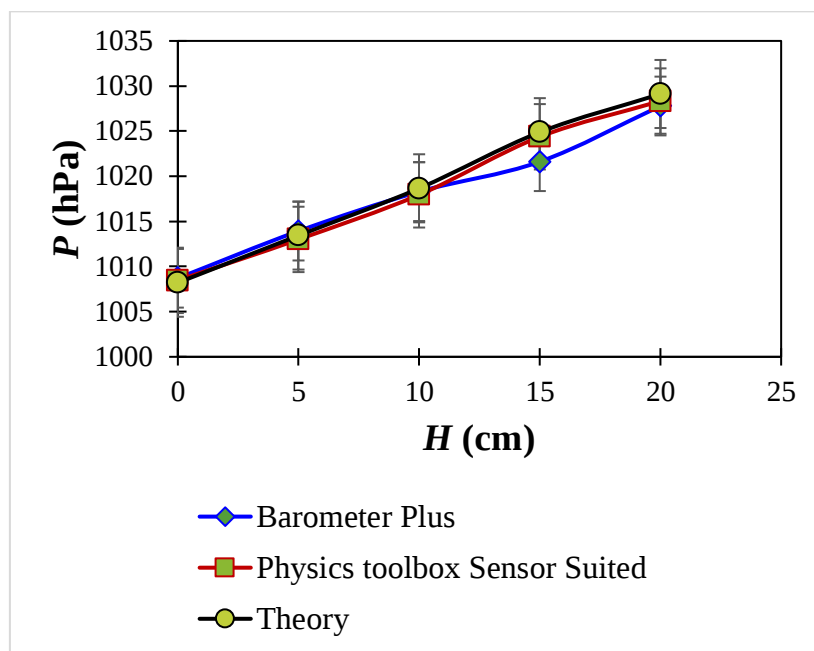
รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าความดันของน้ำสไปร์ทที่ระดับความลึก โดยใช้เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ iOS กับค่าทางทฤษฎี

ตารางที่ 4 ผลการทดลองวัดค่าความดันของน้ำสไปร์ทที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ Android

ระดับความลึก	ความดันในของของเหลว, P (hPa)					ค่าทฤษฎี	% Error
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.		
Barometer Plus App							
0 cm	1009.48	1008.45	1008.20	1008.71	0.68	1008.21	0.050
5 cm	1014.28	1014.01	1013.51	1013.93	0.39	1013.44	0.048
10 cm	1018.79	1018.26	1017.85	1018.30	0.47	1018.67	0.036
15 cm	1022.02	1021.55	1021.30	1021.62	0.37	1024.89	0.319
20 cm	1028.57	1027.03	1026.77	1027.79	0.97	1029.12	0.129
Physics toolbox Sensor Suited App							
0 cm	1008.73	1008.13	1008.55	1008.47	0.31	1008.21	0.026
5 cm	1013.47	1012.99	1012.57	1013.01	0.45	1013.44	0.042
10 cm	1018.09	1018.01	1017.75	1017.95	0.18	1018.67	0.071
15 cm	1025.63	1024.32	1023.47	1024.38	1.09	1024.89	0.050
20 cm	1029.14	1028.56	1027.31	1028.34	0.94	1029.12	0.076

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 วัดค่าความดันที่ระดับความลึกแตกต่างกัน (0–20 เซนติเมตร) โดยใช้เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บน Samsung Galaxy Note 9 ประกอบด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus และ Physics toolbox Sensor Suited พบว่า ที่ระดับ 0 cm การวัดค่าความดันของน้ำสไปร์ท 3 ซ้ำด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus ได้ค่าความดันของน้ำสไปร์ทแตกต่างกันเล็กน้อยและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดเท่ากับ 0.68 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีพบว่า มีความคลาดเคลื่อน 0.050% ในขณะที่ทำการวัดค่าความดันของน้ำสไปร์ท 3 ซ้ำด้วยแอปพลิเคชัน Physics toolbox

Sensor Suited พบว่า ได้ค่าความดันของน้ำสไปรท์แตกต่างกันและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดเท่ากับ 0.31 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีความคลาดเคลื่อน 0.026% และเมื่อทำการวัดค่าความดันของน้ำสไปรท์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ พบว่า ค่าความดันมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และสอดคล้องกับค่าคำนวณทางทฤษฎี เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดได้กับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ 0.319 ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนน้อยมาก (น้อยกว่า 1%) เมื่อนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าความดันที่วัดด้วยเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บน Samsung Galaxy Note 9 (Barometer Plus และ Physics toolbox Sensor Suited) กับค่าทางทฤษฎีแสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus ให้ค่าใกล้เคียงทฤษฎีมากกว่าการวัดด้วยแอปพลิเคชัน Physics toolbox Sensor Suited



รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าความดันของน้ำสไปรท์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ Android กับทฤษฎี

3. ประสิทธิภาพของเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ตโฟน

เมื่อนำค่าความดันเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ของน้ำและน้ำสไปรท์ที่วัดด้วยเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ตโฟนทั้งในระบบปฏิบัติการ iOS และ Android และค่าทางทฤษฎี ที่ระดับความลึกต่าง ๆ จากตารางที่ 1-4 มาสรุปรวมดังแสดงในตารางที่ 5 เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ตโฟน iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าความดันที่ได้จากการทดลอง และค่าความดันจากการคำนวณตามทฤษฎี

สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ iOS					สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android				ค่าทฤษฎี
ระดับ ความลึก	(iPhone 8)				(Samsung Galaxy Note 9)				
	Barometer Plus		Bar-O-Meter- Altimeter & Barometer		Barometer Plus		Physics toolbox Sensor Suited		
	ค่าเฉลี่ย	% Error	ค่าเฉลี่ย	% Error	ค่าเฉลี่ย	% Error	ค่าเฉลี่ย	% Error	
	วัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ								
0 cm	1008.66	0.045	1007.61	0.060	1008.48	0.027	1009.08	0.086	1008.21
5 cm	1012.65	0.045	1011.90	0.119	1012.79	0.032	1013.50	0.038	1013.11
10 cm	1018.06	0.005	1015.85	0.212	1017.70	0.030	1018.33	0.031	1018.01
15 cm	1021.76	0.112	1020.72	0.214	1021.92	0.097	1022.48	0.042	1022.91
20 cm	1026.61	0.117	1025.16	0.258	1027.14	0.065	1026.38	0.139	1027.81
วัดค่าความดันของน้ำสปรีทที่ระดับความลึกต่าง ๆ									
0 cm	1008.47	0.026	1008.05	0.016	1008.71	0.050	1008.47	0.026	0.026
5 cm	1013.01	0.042	1012.34	0.109	1013.93	0.048	1013.01	0.042	0.042
10 cm	1017.95	0.071	1017.58	0.107	1018.30	0.036	1017.95	0.071	0.071
15 cm	1024.38	0.050	1022.06	0.276	1021.62	0.319	1024.38	0.050	0.050
20 cm	1028.34	0.076	1026.59	0.246	1027.79	0.129	1028.34	0.076	0.076

จากตารางที่ 5 ค่าความดันเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าความดันของน้ำ ซึ่งทำการวัดด้วยแอปพลิเคชัน Barometer Plus เหมือนกันทั้งใน iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 พบว่า ที่ระดับ 0 cm การวัดค่าความดันด้วย Samsung Galaxy Note 9 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.027 ซึ่งน้อยกว่าการวัดค่าความดันด้วย iPhone 8 (0.045%) และเมื่อทำการวัดค่าความดันของน้ำที่ระดับความลึก 20 cm พบว่า การวัดค่าความดันด้วย Samsung Galaxy Note 9 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.065 ซึ่งน้อยกว่าการวัดค่าความดันด้วย iPhone 8 (0.117%) นั่นคือ เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บน Samsung Galaxy Note 9 มีประสิทธิภาพในการวัดค่าความดันของน้ำดีกว่า iPhone 8 แต่เมื่อนำไปวัดค่าความดันของน้ำสไปรท์ที่ระดับ 0 cm พบว่า การวัดค่าความดันด้วย Samsung Galaxy Note 9 (แอปพลิเคชัน Barometer Plus) มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.050 ซึ่งมากกว่าการวัดค่าความดันด้วย iPhone 8 (แอปพลิเคชัน Barometer Plus) (0.026%) และเมื่อทำการวัดค่าความดันของน้ำสไปรท์ที่ระดับความลึก 20 cm พบว่า การวัดค่าความดันด้วย Samsung Galaxy Note 9 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 0.129 ซึ่งมากกว่าการวัดค่าความดันด้วย iPhone 8 (0.076%) นั่นคือ เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บน iPhone 8 มีประสิทธิภาพในการวัดค่าความดันของน้ำสไปรท์ ดีกว่า Samsung Galaxy Note 9 แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บน iPhone 8 มีประสิทธิภาพในการวัดค่าความดันของของเหลวที่มีความหนาแน่นสูง ($\rho_s > \rho_w$) ในขณะที่การวัดค่าความดันของของเหลวที่มีความหนาแน่นต่ำ Samsung Galaxy Note 9 มีประสิทธิภาพในการวัดค่าได้แม่นยำกว่า iPhone 8 ทั้งนี้ในการวัดค่าความดันของน้ำและน้ำสไปรท์ด้วยเซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บน iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าความดันน้อยกว่า 1% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เซนเซอร์บาร์อิมิเตอร์บน iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 มีประสิทธิภาพในการวัดค่าความดันของของเหลว

บทสรุป

ในการวิจัยนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บน iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 และแอปพลิเคชันวัดค่าความดันบนสมาร์ทโฟน จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บน iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 และแอปพลิเคชันวัดค่าความดัน มีประสิทธิภาพในการวัดค่าความดันของของเหลว (น้ำและน้ำสไปร์ท) โดยเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บน iPhone 8 วัดค่าความดันของของเหลวที่มีค่าความหนาแน่นสูงได้แม่นยำกว่า ในขณะที่เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บน Samsung Galaxy Note 9 วัดค่าความดันของของเหลวที่มีค่าความหนาแน่นต่ำได้แม่นยำกว่า ทั้งนี้การวัดค่าความดันของของเหลวด้วย iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1% ดังนั้นเซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์และแอปพลิเคชันวัดค่าความดันของของเหลวบน iPhone 8 และ Samsung Galaxy Note 9 มีประสิทธิภาพสูงและความแม่นยำสูงในการวัดค่าความดันของของเหลว

เซนเซอร์บาร์โอมิเตอร์บนสมาร์ทโฟนทั้งในระบบปฏิบัติการ iOS และ Android นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดค่าความดันของของเหลวที่ไหลในท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ กัน เพื่อหาค่าแรงดันของของเหลวต่อพื้นที่ภาคตัดขวางต่าง ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมในแผนงานวิจัยพื้นฐาน – มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่สัญญาทุนวิจัย 64-FF-ค08

เอกสารอ้างอิง

- Chen C.Y., Chen Y.H., Lin C.F., Weng C.J., and Chien H.C. (2014). A review of ubiquitous mobile sensing based on smartphones. *International Journal of Automation and Smart Technology*. 4(1): 13–19.
- Countryman C.L. (2014). Familiarizing students with the basics of a smartphone's internal sensors. *The Physics Teacher*. 52: 557–559.
- Daponte P., Vito De L., Picariello F. and Riccio M. (2013). State of the art and future developments of measurement applications on smartphones. *Measurement*. 46(9): 3291–3307.
- González M.Á., González Manuel Á., Martín M.E., Llamas C., Martínez Ó., Vegas J., Herguedas M. and Hernández, C. (2015). Teaching and learning physics with smartphones. *Journal of Cases on Information Technology*. 17(1): 31–50.
- Kuhn J. and Vogt P. (2013). Applications and examples of experiments with mobile phones and smartphones in physics lessons. *Frontiers in Sensors*. 1(4): 67–73.
- Macchia S. (2016). Analyzing Stevin's law with the smartphone barometer. *The Physics Teacher*. 54: 373.
- Monteiro M. and Martí A.C. (2017). Using smartphone pressure sensors to measure vertical velocities of elevators, stairways, and drones. *Physics Education*. 52(1): 015010.

- Monteiro M., Vogt P., Stari C., Cabeza C. and Marti A.C. (2016). Exploring the atmosphere using smartphones. *The Physics Teacher*. 54: 308–309.
- Oprea M. and Miron C. (2014). Mobile phones in the modern teaching of physics. *Romanian Reports in Physics*. 66(4): 1236–1252.
- Sans J.A., Manjón F.J., Cuenca-Gotor V., Giménez-Valentín M.H., Salinas I., Barreiro J.J., Monsoriu J.A. and Gomez-Tejedor J.A. (2015). Smartphone: a new device for teaching Physics. 1st International Conference on Higher Education Advances, HEAd'15, Universitat Politècnica de València, València, 2015, DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/HEAd15.2015.332>
- Vanini S., Faraci F., Ferrari A. and Giordano S. (2016). Using barometric pressure data to recognize vertical displacement activities on smartphones. *Computer Communications*. 87: 37–48.
- Vieyra R.E., Vieyra C., and Macchia S. (2017). Kitchen physics: Lessons in fluid pressure and error analysis. *The Physics Teacher*. 55: 87–90.
- Vieyra R., Vieyra C., Jeanjacquot P., Marti A. and Monteiro M. (2015). Turn your smartphone into a science laboratory. *The Science Teacher*. 32–40.
- Vogt P. and Kuhn J. (2014). Acceleration sensors of smartphones: Possibilities and examples of experiments for application in physics lessons. *Frontiers in Sensors*. 2: 1–9.

Received: January 20, 2021; Revised: March 16, 2021; Accepted: April 16, 2021

ผลการทดแทนเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบ
Effect of substitute with phoenix mushroom to physical-chemical quality of
Sai Aua Kob product

นิตยา ภูงาม^{1*}, ณัฏวลิณคล เสรษฐปราโมทย์¹, ไกรวิชญ์ ไหมคำมูล¹ และวนิดา ยินดีรัมย์¹
Nittaya Phungam^{1*}, Natwalinkhol Settapramote¹, Kraiwit Maikhamun¹ and
Wanida Yindeeram¹

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail Address : Nittaya.ph@muti.ac.th and pampam.302@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลการทดแทนเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบที่มีการเติมเห็ดนางฟ้า 75% (w/w) ทดแทนเนื้อกบภายในผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วกบ พบว่า ไส้อั่วกบที่มีการทดแทนเห็ดนางฟ้ามีปริมาณโปรตีนสูงกว่า (18.18% (w/w)) สูตรควบคุม (13.18% (w/w)) เยื่อใยมีปริมาณสูงขึ้น (6.50% (w/w)) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (4.24%) ไส้อั่วกบสูตรทดแทนมีปริมาณไขมันต่ำกว่า (0.92% (w/w)) สูตรควบคุม (2.80% (w/w)) เช่นเดียวกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำกว่า (4.17% (w/w)) สูตรควบคุม (10.20% (w/w)) และปริมาณเถ้าของไส้อั่วกบสูตรทดแทนมีค่าใกล้เคียงสูตรควบคุม (4.46 และ 4.23% (w/w) ตามลำดับ) จากการวิเคราะห์ปริมาณพลังงาน พบว่าไส้อั่วกบสูตรทดแทนให้พลังงานต่ำกว่า (77.68 kcal) สูตรควบคุม (118.72 kcal) จากการวิเคราะห์ค่า Peroxide Value (P.V.) และ Acid Value (A.V.) พบว่า ไส้อั่วกบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของไขมันทั่วไป การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ พบว่าสูตรทดแทนมีค่า Water activity ค่าความแน่นเนื้อ และค่าการอุ้มน้ำสูงกว่า (0.76, 13.26 N และ 64.02% (w/w) ตามลำดับ) สูตรควบคุม (0.70, 11.92 N และ 58.00% (w/w) ตามลำดับ) ซึ่งส่งผลต่อคุณลักษณะเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้อั่ว และส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีน และใยอาหารสูง

คำสำคัญ: ไส้อั่วกบ เห็ดนางฟ้า คุณภาพทางเคมี-กายภาพ

Abstract

This research is to study physical-chemical quality the Sai Aua Kob product the substitute with 75% phoenix mushroom. The chemical composition analysis of Sai Aua Kob product found that it was higher of protein (18.18% (w/w)) and fiber content (6.50% (w/w)) than protein (13.18% (w/w)) and fiber content (6.50% (w/w)) of control formulas (4.24% (w/w)). The lower of fat content (0.92% (w/w)), control formulas (2.80% (w/w)). Including the lower of carbohydrate content (4.46% (w/w)), control formulas (10.20% (w/w)) and ash content of substitute formulas has similar value with control formulas (4.46 and 4.23% (w/w), respectively). The energy value analysis found that the substitute formulas for lower energy (77.68 kcal), control formulas (118.72 kcal). The acid value (A.V.) and Peroxide value (P.V.) were in the standard level. The study of physical quality found that the substitute formulas have higher of water holding, firmness and water activity value (64.02% (w/w), 13.26 N and 0.76, respectively), control formulas (58.00% (w/w), 11.92 N and 0.70, respectively). This results in physical-chemical good characteristics of Sai Aua Kob product.

Keywords: Sai Aua Kob product, Phoenix mushroom, Physical-chemical quality

บทนำ

ไส้อั่ว เป็นอาหารพื้นเมืองที่พบทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยคำว่า อั่ว หมายถึง ใส่ไส้ และยัดไว้ตรงกลาง ซึ่งปกติทำจากเนื้อหมูบด และมีส่วนผสมพริกแห้ง กระเทียม ขมิ้น (ใส่หรือไม่ใส่ก็ได้) ข้าว ใบมะกรูด หอมแดง และเครื่องปรุงรสกรอกลงไปนึ่งในไส้อ่อนของหมูที่ผ่านการล้างทำความสะอาด จากนั้นบิดให้เป็นท่อนพอประมาณ เวลารับประทานจะนำไปย่างไฟหรืออบให้สุกจนมีสีเหลืองพร้อมรับประทาน การผลิตไส้อั่วในบางพื้นที่มีการทดแทนเนื้อไม้บดละเอียดเข้าไปเป็นส่วนผสมแทนเนื้อหมู ซึ่งไส้อั่วที่ทำจากเนื้อไม้ไม่เหมาะสำหรับชาวมุสลิมหรือผู้ที่ไม่ประสงค์ที่จะรับประทานหมู หรืออาจจะดัดแปลงใช้เนื้อสัตว์ชนิดอื่น และไส้อาจใช้ไส้สัตว์ชนิดอื่นหรือใช้ไส้เทียมแทนไส้หมูได้ (สุพัตรา และคณะ, 2554)

ปัจจุบันไส้อั่วเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมรับประทานกันเป็นอย่างมากทั่วทุกภาคเพื่อให้สามารถใช้วัตถุดิบในแต่ละพื้นที่ให้เกิดประโยชน์ในการนำมาพัฒนาเป็นไส้อั่วได้ ทั้งนี้ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์มีการเลี้ยงกบเป็นอาชีพเสริมในชุมชน โดยเฉพาะอำเภอปราสาท และอำเภอกาบเชิง ที่เลี้ยงกบจำหน่ายและขายในรูปแบบกบยัดไส้ และกบแดดเดียว (สุรินทร์ร้อยแปด, 2561) ทีมวิจัยจึงมีแนวคิดเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคด้วยการนำเนื้อกบมาพัฒนาเป็นไส้อั่วและเพิ่มเห็ดนางฟ้าที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น โปรตีนสูง ให้พลังงานต่ำ และมีไขมันน้อย จึงเหมาะแก่คนที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก (สวรยา, 2552) ซึ่งเห็ดนางฟ้าจะช่วยเสริมคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อกบที่เป็นองค์ประกอบของไส้อั่วให้มีโปรตีน และเส้นใยสูง และไขมันต่ำ รวมทั้งช่วยให้ไส้อั่วมีเนื้อสัมผัสที่ชุ่มฉ่ำเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้เครื่องแกงที่เป็นส่วนผสมของไส้ที่มีองค์ประกอบของสมุนไพรต่าง ๆ ช่วยให้สีของผลิตภัณฑ์น่ารับประทานและสมุนไพรมีส่วนช่วยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทั้งนี้งานวิจัยเบื้องต้นนี้เป็นการศึกษาการทดแทนเห็ดนางฟ้าในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบ โดยทำการคัดเลือกอัตราส่วนของเห็ดนางฟ้าที่เหมาะสม (0, 25, 50, 75 และ 100% (w/w)) ในการทดแทนในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบ ซึ่งทำการเปรียบเทียบคุณภาพของไส้อั่วกบทดแทนเห็ดนางฟ้า และไส้อั่วกบสูตรพื้นฐาน จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า การทดแทนเห็ดนางฟ้าอัตราส่วน

75% (w/w) ได้คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด อย่างไรก็ตามยังไม่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพของไส้อ้วกบทดแทนด้วยเห็ดนางฟ้า และสูตรควบคุม งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาคคุณลักษณะดังกล่าวมาข้างต้นเพื่อแสดงผลให้ทราบว่าไส้อ้วกที่พัฒนาขึ้นเป็นสูตรที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค รวมทั้งการทดแทนเห็ดนางฟ้า 75% (w/w) เป็นอัตราส่วนการทดแทนที่สูงจึงเป็นการช่วยลดต้นทุนในการใช้เนื้อมกที่มีราคาแพงและเป็นการใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นให้มีมูลค่าสูงขึ้นได้

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. ขั้นตอนการผลิตไส้อ้วกบทดแทนเห็ดนางฟ้า

1.1 ขั้นตอนเตรียมส่วนผสมของไส้อ้ว

นำกบมาการลอกหนังและเครื่องในกบออกล้างทำความสะอาด แล้วนำไปลวกในน้ำร้อน 5 นาที โดยแยกเอาส่วนเนื้อและกระดูกอ่อนกบออกมาพักไว้ ส่วนเห็ดนางฟ้าฉีก (ปริมาณ 100 g) เป็นเส้นแล้วลวกและบีบน้ำออกด้วยผ้าขาวบางจนสะเด็ดน้ำพักไว้ จากนั้นทำการเตรียมเครื่องเทศโดยการนำ พริก ใบมะกรูด หัวหอม กระเทียม ตะไคร้ ตามอัตราส่วนในสูตรของ (สุวรรณยา, 2552) นำเครื่องเทศ เนื้อกบและกระดูกอ่อน เห็ดนางฟ้า และเครื่องปรุงมาปั่นผสมด้วยเครื่องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และเตรียมส่วนผสมไส้อ้วกสูตรพื้นฐาน (สูตรควบคุม) โดยมีส่วนผสมของเครื่องเทศ เนื้อกบและกระดูกอ่อน และเครื่องปรุง ซึ่งไม่มีการเติมเห็ดนางฟ้าเข้าไปในส่วนผสม (ดัดแปลงจาก สมฉันท์, 2551)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการทดแทนเห็ดนางฟ้าในผลิตภัณฑ์ไส้อ้วกบ

ส่วนผสม	อัตราส่วน (ร้อยละ)	
	สูตรควบคุม (Control)	ร้อยละ 75
กบ	100	25
เห็ดนางฟ้า	0	75

1.2 ขั้นตอนการอัดไส้อ้วกบ

นำไส้ที่เตรียมจากข้อ 1.1 มากรอกลงในไส้เทียมด้วยเครื่องอัดไส้กรอก ให้มีขนาดสม่ำเสมอ จากนั้นนำไส้อ้วที่ได้ไปอบที่เตาอบไฟฟ้า ด้วยอุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 45 นาที ในระหว่างนั้นมีการวัดอุณหภูมิใจกลางของไส้อ้วให้มีค่าอยู่ในช่วง 75-80°C ด้วยเครื่องดาต้าลอจกเกอร์ (Data Logger) (มาตรฐานอุณหภูมิที่บ่งชี้ถึงการสุกของอาหาร) เมื่อครบระยะเวลาและอุณหภูมิอาหารถึงมาตรฐานกำหนด นำไส้อ้วออกจากเตาอบ พักให้เย็น ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 นาที บรรจุลงในถุงไนลอน/พีอี (Nylon/PE) แล้วปิดผนึกถุงนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ ดังต่อไปนี้

2. การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้อ้วกบทดแทนเห็ดนางฟ้า

นำไส้อ้วไปลดขนาดตัวอย่างโดยวิธีการปั่นจนละเอียด ด้วยเครื่องปั่นจากนั้นเก็บตัวอย่างไว้ในถุงซิปล็อค แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ

2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ชั่งน้ำหนักไส้อ้วกบปริมาณ 3 g ลงในกระป๋องอลูมิเนียมที่อบแห้งน้ำหนัก และจดบันทึกไว้แล้ว จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 100±5°C เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator)

แล้วชั่งน้ำหนัก นำเข้าอบ 1 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนัก ที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.1%) และนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น (% Moisture) (AOAC, 2000)

2.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl

ชั่งตัวอย่างใส่ถ้วยปริมาณ 3 g ห่อด้วยกระดาษซึ่งสารใส่ลงในขวดย่อย จากนั้นเติมคตะลิส (Catalyst) โดยใช้ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.35 g และ K_2SO_4 6.25 g ซึ่งสารละลายตัวอย่างที่เป็นสารละลายสีเขียวใส แล้วทำการกลั่นตัวอย่างที่ย่อยได้โดยหยดอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator) 2-3 หยด นำไปกลั่นด้วยชุดกลั่นโปรตีนจนได้สารละลายเป็นสีฟ้า แล้วนำสารละลายที่กลั่นได้มาทำการไตเตรทด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีความเข้มข้น 0.1 M (0.1M HCl) จนได้สีชมพูม่วง นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณโปรตีน (% Protein) (AOAC, 2011)

2.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet (Soxhlet System)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใส่ถ้วยที่ผ่านการอบแห้งหาความชื้นปริมาณ 3 g แล้วห่อด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) นำตัวอย่างลงในทิมเบิล (Thimble) ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำทิมเบิลและถ้วยสแตนเลสที่รองรับไขมันที่ผ่านการอบไล่ความชื้น และทราบน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในเครื่องสกัดไขมัน (Extraction Collection Vessel Apparatus) ทำการเติมสารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) เป็นตัวสกัด ปริมาณ 75 ml ทำการสกัดโดยตั้งเวลาการสกัด (Immersion Time) 20 นาที เวลาล้าง (Washing Time) 40 นาที และเวลาการระเหย (Recovery Time) 15 นาที หลังจากนั้นนำถ้วยรองรับไขมันไปอบเพื่อระเหยสารสกัดออกให้หมดที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลานาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณไขมัน (% Fat) (AOAC, 2011)

2.4 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

ชั่งตัวอย่างใส่ถ้วยที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน จากนั้นใส่ถุงสำหรับวิเคราะห์ใยอาหาร นำไปย่อยด้วยด้วยกรดซัลฟูริก 1.25% (v/v) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25% (v/v) เป็นเวลา 30 นาที และล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น นำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 105°C จนได้น้ำหนักคงที่ และนำไปเผาในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 600°C จนกระทั่งชั่งได้น้ำหนักคงที่ นำไปคำนวณปริมาณใยอาหาร (% Fiber) (AOAC, 2011)

2.5 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใส่ถ้วยที่ผ่านการอบแห้งหาความชื้น ปริมาณ 3 g. ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่อบและทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปเผาบนไฟอ่อนบนเตาเผาไฟฟ้า (Hot Plate) ในตู้ดูดควัน (Hood) จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาว ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักที่ชั่งได้ไปคำนวณหาปริมาณเถ้าทั้งหมด (% Ash) (AOAC, 2000)

2.6 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

โดยการคำนวณจากสูตร เมื่อทราบว่า % ความชื้น % โปรตีน % ไขมัน % เถ้า และ % เส้นใย นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสูตร (AOAC, 2000)

$$\% \text{ คาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\% \text{ ความชื้น} + \% \text{ โปรตีน} + \% \text{ ไขมัน} + \% \text{ เถ้า} + \% \text{ เส้นใย})$$

2.7 ค่าพลังงาน

โดยคำนวณจากสูตร เมื่อทราบปริมาณ โปรตีน ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรต นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{พลังงาน (Energy)} = (\text{โปรตีน} \times 4) + (\text{ไขมัน} \times 9) + (\text{คาร์โบไฮเดรต} \times 4)$$

2.8 วัดค่าแอกติวิตี (a_w)

วัดปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water Activity Meter บรรจุไส้แก้วไม่น้อยกว่าครึ่งลงในภาชนะใส่ช่องฝาเครื่องหมุนป้อนวัดเพื่ออ่านค่ารองจนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน บันทึกค่าที่ได้

2.9 วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value (P.V.)) และค่าความเป็นกรด (Acid value (A.V.))

นำผลิตภัณฑ์ใส่แก้วกับทั้งสองแบบมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด Nylon/PE ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 14 วัน โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ในวันที่ 7 และ 14 วัน เพื่อวิเคราะห์หาค่า P.V. และค่า A.V. (AOAC, 2000)

3. วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ใส่แก้วเสริมเห็ดนางฟ้า

3.1 วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดค่าเนื้อสัมผัสของไส้แก้วกับด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer: TA. XTi/50) ทำการทดลองวิธีละ 3 ซ้ำ โดยการนำตัวอย่างไปวัดค่าแรงเฉือนโดยใช้ชุดหัววัด ใบมีดคม (Craft Knife Blade) (A/CKB) เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm กำหนดให้ความเร็วของหัววัดเท่ากับ 10 mm/sec.

3.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity: WHC)

ชั่งน้ำหนักไส้แก้วกับ 10 g ใส่ในหลอดเซนตริฟิวส์ นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90°C นาน 14 นาที ทำตัวอย่างให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปเซนตริฟิวส์ที่ 9000 rpm นาน 20 นาที ชั่งน้ำหนักส่วนของเหลว และส่วนเนื้อที่เหลือจากการเซนตริฟิวส์ คำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำ (สวรยา, 2552)

4. วิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดของไส้แก้วสูตรพื้นฐานและไส้แก้วที่มีการทดแทนเห็ดนางฟ้า มาทำการเปรียบเทียบ ด้วยวิธี Independent Samples T-Test ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้แก้วที่มีการทดแทนเห็ดนางฟ้า 75% (w/w) นำมาเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (Control) พบว่า ไส้แก้วที่มีการทดแทนเห็ดนางฟ้า มีแนวโน้มของปริมาณความชื้น โปรตีน และใยอาหารสูงกว่า (66.00, 18.18 และ 6.50% (w/w) ตามลำดับ) สูตรควบคุมเล็กน้อย (64.12, 13.18 และ 4.24% (w/w) ตามลำดับ) นอกจากนี้การเสริมเห็ดนางฟ้าส่งผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไขมันต่ำกว่า (4.17 และ 0.92% (w/w) ตามลำดับ) สูตรควบคุม (10.20 และ 2.80% (w/w) ตามลำดับ) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไส้แก้วสูตรทดแทนมีปริมาณใกล้เคียงกับสูตรควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 4.46 และ 4.23% (w/w) ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อนำองค์ประกอบทางเคมีมาคำนวณค่าพลังงาน พบว่าไส้แก้วสูตรทดแทน น้ำหนักผลิตภัณฑ์ 100 g ให้พลังงานเท่ากับ 77.68 kcal ซึ่งต่ำกว่าสูตรควบคุมที่ให้พลังงานสูงถึง 118.72 kcal (ดังแสดงตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาขององค์ประกอบทางเคมีของไส้แก้วเสริมเห็ดนางฟ้า

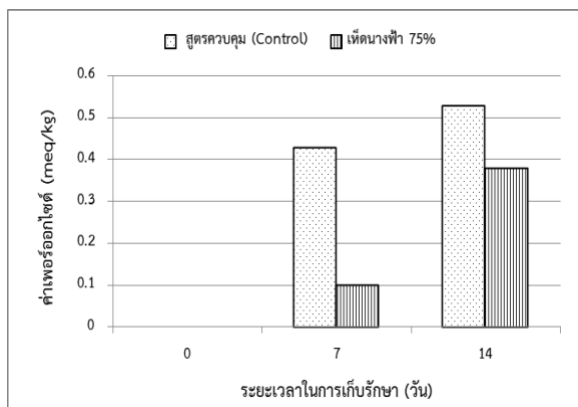
องค์ประกอบทางเคมี (%)	สูตรควบคุม (Control)	ไส้แก้วเสริมเห็ดนางฟ้า 75%
ความชื้น (Moisture)	64.12±1.04 ^b	66.00±4.65 ^a
โปรตีน (Protein)	13.18±2.18 ^b	18.18±2.96 ^a

ไขมัน (Fat)	2.80±1.32 ^a	0.92±0.15 ^b
เถ้า (Ash)	4.46±0.20 ^a	4.23±0.35 ^a
เยื่อใย (Fiber)	4.24±0.76 ^b	6.50±1.35 ^a
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	10.20±1.55 ^b	4.17±4.69 ^a
พลังงาน (Energy) (kcal)	118.72 ^a	77.68 ^b

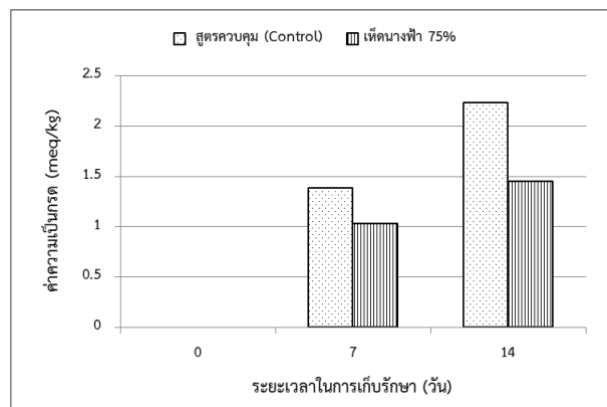
หมายเหตุ ^{a, b} อักษรที่แนวนอนที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่า P.V. ในผลิตภัณฑ์ไส้วักบที่มีการทดแทนเห็ดนางฟ้า 75% (w/w) เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ค่า P.V. มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (อยู่ในช่วง 0-0.56 meq/kg) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างไส้วักสูตรทดแทน และสูตรควบคุม เห็นได้ว่าค่า P.V. ของสูตรควบคุมมีค่าสูงกว่าไส้วักสูตรทดแทน ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก)

สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า P.V. คือเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นมีแนวโน้มของค่า A.V. เพิ่มขึ้น (อยู่ในช่วง 0-2.40 KOH/g) และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไส้วักสูตรควบคุมมีค่า A.V. สูงกว่าไส้วักสูตรทดแทนต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ต้องมีค่า P.V. และ A.V. ต่ำกว่า 20-40 meq/kg ดังรูปที่ 1 (ข)



(ก) ค่าเพอร์ออกไซด์



(ข) ค่าความเป็นกรด

รูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (ก) และ ค่าความกรด (ข) ของไส้วักบที่มีการทดแทนเห็ดนางฟ้า ปริมาณ 75% (w/w) ที่ผ่านเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 วัน ณ อุณหภูมิ 4°C (n=3)

ในการวิเคราะห์ค่า a_w ของไส้วักบสูตรทดแทน เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า ไส้วักบสูตรทดแทนมีค่า a_w สูงกว่า (0.76) สูตรควบคุมเล็กน้อย (0.70) และผลของการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของไส้วักบ แสดงให้เห็นว่าไส้วักบสูตรทดแทนมีความแน่นเนื้อสูงกว่า (13.26 N) สูตรควบคุม (11.92 N) สอดคล้องกับคุณลักษณะการอุ้มน้ำของไส้วักสูตรทดแทน มีค่าการอุ้มน้ำ เท่ากับ 64.02% (w/w) ซึ่งสูงกว่าสูตรควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 58.00% (w/w) โดยคุณลักษณะทางด้านกายภาพทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อ $p \leq 0.05$ (ดังแสดงตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพของไส้วักบเสริมเห็ดนางฟ้า

คุณลักษณะทางด้านกายภาพ	สูตรควบคุม (Control)	ไส้วักบเสริมเห็ดนางฟ้า 75%
ค่า Water activity (a_w)	0.70±0.12 ^b	0.76±0.12 ^a
ความแน่นเนื้อ (N)	11.92±0.21 ^b	13.26±0.11 ^a
การอุ้มน้ำ (Water Holding) (%)	58.00±0.32 ^a	64.02±0.15 ^b

หมายเหตุ อักษร ^{a, b} ในลักษณะแนวนอนที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้วักบทดแทนเห็ดนางฟ้า 75% (w/w) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แสดงให้เห็นว่า ไส้วักบทดแทนมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเห็ดนางฟ้ามีปริมาณโปรตีนสูงเมื่อนำมาผสมกับเนื้อบนาที่มีโปรตีนสูงเช่นเดียวกันจึงส่งผลให้ปริมาณโปรตีนของไส้วักบสูตรทดแทนมีค่าสูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (สวรยา, 2552) สอดคล้องกับไส้วักปลาเสริมเห็ดนางฟ้า มีปริมาณโปรตีนสูง (14.94-24.10% (w/w)) (พาขวัญ, 2555) นอกจากนี้สูตรทดแทนมีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากการนำเห็ดนางฟ้ามาทดแทนเนื้อบที่อยู๋ภายในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนไขมันที่ลดลง เพราะเห็ดนางฟ้าเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันที่ต่ำอยู่แล้วเมื่อนำมาผสมในผลิตภัณฑ์จึงไม่ส่งผลให้ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น (พาขวัญ, 2555) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไส้วักปลาเสริมเห็ดนางฟ้ามีปริมาณไขมันสูง (6.11-8.63% (w/w)) (พาขวัญ, 2555) ดังนั้นจึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคกลุ่มที่รักสุขภาพหรือกลุ่มทั่วไป นอกจากนี้เห็ดนางฟ้ามีปริมาณเยื่อใยสูงจึงส่งผลให้เมื่อนำมาผสมในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้วักบสูตรทดแทนมีปริมาณเยื่อใยสูงขึ้นกว่าสูตรควบคุม เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์โบไฮเดรตของสูตรทดแทนต่ำ เพราะจากสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมดมีปริมาณที่เหมาะสมจึงส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตที่คำนวณออกมามีปริมาณน้อยกว่าสูตรควบคุม (สฤติพงษ์, 2559)

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณพลังงานของไส้วักบสูตรทดแทนมีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากสัดส่วนของไขมัน หรือคาร์โบไฮเดรตที่เป็นพลังงานหลักที่ร่างกายนำไปใช้เป็นพลังงานมีค่าต่ำจึงส่งผลให้พลังงาน หรือแคลอรีที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานไส้วักบสูตรทดแทนจึงน้อยกว่าสูตรควบคุม (พาขวัญ, 2555; อภิรักษ์, 2549) ผลิตภัณฑ์นี้จึงดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคเพราะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเหมาะแก่การนำไปผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงไขมันต่ำและมีเยื่อใยมากขึ้น สอดคล้องกับวิจัยของ สฤติพงษ์ (2559) การพัฒนาไส้วักเห็ดนางฟ้าภูฐานเสริมใยเปลือกส้มโอ พบว่าไส้วักมีปริมาณโปรตีน และใยอาหารสูงขึ้น รวมทั้งมีไขมันต่ำจากสูตรควบคุม ดังนั้นจึงส่งผลให้ไส้วักที่ได้มีพลังงานต่ำกว่าไส้วักสูตรควบคุม

จากการศึกษาค่า P.V. และ A.V. ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 15 วัน พบว่า ค่า P.V. และ A.V. มีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีค่า P.V. และ A.V. ต่ำกว่า 20-40 meq/kg ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้บริโภคยังสามารถยอมรับในผลิตภัณฑ์ได้ (Peason et al., 1976) และค่า P.V. และ A.V. ของไส้วักบสูตรควบคุมมีค่าต่ำ เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันต่ำ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ไส้วักทั้ง 2 สูตร มีการบรรจุอยู่ในถุงไนลอน-ฟ็อกซ์ ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีจึงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างไขมันกับออกซิเจนเกิดขึ้นได้น้อยทำให้ค่า A.V. และ P.V. ของผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยตามไปด้วย (ปุ่น และสมพร, 2541; พาขวัญ, 2555; ภัทรพร, 2540) ดังนั้นจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จนผู้บริโภคไม่ยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบสูตรทดแทนมีค่า a_w ค่าความแน่นเนื้อ และค่าการอุ้มน้ำสูงกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากเห็ดนางฟ้าเป็นวัตถุดิบที่มีเส้นใยอาหารชนิดเซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemi cellulose) ที่เป็นกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่เหนียว แข็งแรง และสามารถดูดซับน้ำไว้ในโครงสร้างได้ดี โดยที่เซลลูโลสกลุ่มนี้จะไม่ละลายน้ำแต่จะสามารถพองตัวในน้ำได้ดี ดังนั้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของเห็ดนางฟ้ามีค่าความชื้น ค่า a_w ค่าความแน่นเนื้อ และค่าการอุ้มน้ำสูงตามไปด้วย (นุติ, 2544; สติพงษ์, 2559)

บทสรุป

ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบทดแทนเห็ดด้วยนางฟ้า 75% (w/w) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีน ใยอาหารสูง และไขมัน และพลังงานต่ำกว่าไส้อั่วกบสูตรควบคุม เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่สนใจในการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ การทดแทนเห็ดนางฟ้ามีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบมีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความแน่นเนื้อมากขึ้นกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากมีค่าการอุ้มน้ำสูง นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบที่มีการทดแทนด้วยเห็ดนางฟ้าเกิดกลิ่นเหม็นหืนได้น้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบที่มีการทดแทนด้วยเห็ดนางฟ้ามีปริมาณไขมันต่ำ รวมทั้งไส้อั่วเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสมุนไพรปริมาณมากจึงช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เช่น สี กลิ่น และลักษณะปรากฏได้ และยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานมากกว่า 14 วัน ผลิตภัณฑ์สามารถนำวัตถุดิบที่เป็นพื้นถิ่นมาเสริมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และมูลค่าทางการตลาดของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ สำหรับห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

เอกสารอ้างอิง

- นันทรี หุ่นเที่ยง. (2559). การศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในห้องเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐานซึ่งสร้างขึ้นด้วยวงบ่อซีเมนต์ตามแบบจำลองหม้อดินเก็บความเย็น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นุติ เปาทอง. (2544). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดหอยจากเห็ดนางฟ้า. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). ไส้อั่ว. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2564.
http://www.nkw.ac.th/courseware/www.nectec.or.th/courseware/siamculture/otop/tis/tcps294_47.pdf.
- ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). บรรจุภัณฑ์อาหาร. สำนักพิมพ์หทัยเฮง: กรุงเทพฯ.
- พาขวัญ ทองรักษ์. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วปลาไขมันต่ำ. รายงานการวิจัย. คณะวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ กรุงเทพฯ.
- ภัทรพร ธัญญาธิกุล. (2540). ผลของภาชนะบรรจุและการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวสาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สติพงษ์ มั่นหล้า. (2559). การผลิตไส้อั่วเห็ดนางฟ้าภูฐานเสริมใยเปลือกส้มโอ. วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี. 10(2): 103-114.

- สมฉันท์ ปรีชา. (2551). บทสัมภาษณ์ผู้ผลิตไส้วุ้น. ค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม 2563.
<https://www.agro.cmu.ac.th/lanna/sausage.html>.
- สวรยา เม่งเกร็ด. (2552). การทดแทนเนื้อหมูบางส่วนด้วยกากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ไส้วุ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- สุพัตรา เปี่ยมวารี, สรวิต แจ่มจำรูญ, วันทนา สะสมทรัพย์, ธนภักษ์ อินยอด และสุริวิภา สังขาร. (2554). การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางฟ้าภูฐาน *Pleurotus eous* อบแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42(2): 9-12.
- สุรินทร์ร้อยแปด. (2561). กบยัดไส้. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2564. <http://surin108.com/web/2015/09/อังกาบอบ-กบยัดไส้ย่าง-อ/>.
- อภิรักษ์ เพ็ชรมงคล. (2549). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเส้นใยอาหารจากกากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทอง และเปลือกส้มโอ. รายงานการวิจัย. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. United States.
- AOAC. (2011). Official Methods of Analysis of AOAC. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. United States.
- Peason D., Melon H.K. and Ronald S. (1976). The chemical analysis of food. Churchill Livingstone Edinburgh: London.

Received: February 22, 2021; Revised: March 20, 2021; Accepted: March 31, 2021

เครื่องยกร่องปลูกพร้อมวางเทปน้ำหยดและคลุมพลาสติก

Bed forming with water drip tape laying and plastic layer mulching machine

นิรติศักดิ์ คงทน¹ ลักษณะ พิทักษ์¹ ปริญญา สระแก้ว¹ ณัฐพล โสภกุลเลาะ² กิตติพงษ์ ลาloon²
 พีรณัฐ อันสุรีย์² และนิตานาถ แก้ววินัด^{3*}

Nirattisak Khongthon¹, Lakkana Pitak¹, Pathinya Sakeaw¹, Nutthapol Sokudlor²,
 Kittipong Laloon², Peeranat Aunsuree² and Nisanath Keawwinud^{3*}

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

³คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail: nisanathk@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบเครื่องยกร่องปลูกและวางสายน้ำหยดพร้อมคลุมพลาสติก เครื่องต้นแบบประกอบด้วย ผานยกร่องปลูก 1 คู่ ชุดวางเทปน้ำหยด ชุดปูผ้าพลาสติก ล็อกดผ้าพลาสติก 1 คู่ และผานกลบผ้าพลาสติก 1 คู่ ติดตั้งบนโครงเหล็กและเครื่องต้นแบบใช้การดูดลากของรถแทรกเตอร์ในการปฏิบัติงาน ศึกษาการทำงานด้วยความเร็วในการขับเคลื่อน 3 เกียร์ ได้แก่ เกียร์ 2 (ความเร็ว 1.23 เมตรต่อวินาที) เกียร์ 3 (ความเร็ว 2.08 เมตรต่อวินาที) และเกียร์ 4 (ความเร็ว 2.63 เมตรต่อวินาที) โดยกำหนดความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ที่ 1,300 รอบต่อนาที ผลการทดสอบการทำงาน พบว่า การขับเคลื่อนด้วยเกียร์ 2 3 และ 4 ให้ความสามารถในการยกร่องปลูกเฉลี่ย เท่ากับ 0.92 0.94 และ 1.48 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานของเกียร์ 2 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ย 79.18 75.99 และ 67.87 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการทำงานด้วยเกียร์ 2 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 3.85 และ 5.27 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดสอบปูพลาสติกและวางเทปน้ำหยดด้วยเกียร์ 2 พบว่า มีความสามารถในการปูพลาสติกเฉลี่ย เท่ากับ 1.51 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 17.45 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.4 ลิตรต่อไร่

คำสำคัญ: เครื่องยกร่องปลูก พลาสติกคลุมดิน เทปน้ำหยด

Abstract

The objective of this research was to develop and test the bed forming with water drip tape laying and plastic layer mulching machine. The prototype consists of a couple of disk plow, water drip tape laying set, plastic layer mulching set, a couple of pressing wheels and a couple of disks for soil covering on plastic rim. The components are installed on the steel frame and the tractor is used to pull the prototype in operation. Three levels of gear speed such as 2nd gear (velocity of 1.23 m/s), 3rd gear (velocity of 2.08 m/s) and 4th gear (velocity of 2.63 m/s) were selected in this study. The engine speed was controlled at 1,300 rpm. The results found that operation speeds of 2nd, 3rd and 4th gear give an average working capacity of 0.92, 0.94 and 1.48 rai per hour, working efficiency of 79.18%, 75.99% and 67.87%, an average fuel consumption of 3.30, 3.85 and 5.27 liters per hour respectively. The testing of plastic layer mulching showed of the 2nd gear operation has an average working capability of plastic layer mulching 1.51 rai per hour, an average working efficiency of 17.45% and average fuel consumption of 2.4 liters per rai, respectively.

Keywords: Bed forming machine, Plastic mulch layer, Water drip tape

บทนำ

ผลผลิตจากการปลูกผักในประเทศไทยนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายพันล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ทั้งในรูปของผักสดแช่เย็นและแช่แข็ง เนื่องจากเป็นที่นิยมบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกและผู้ส่งออกของไทยได้เป็นอย่างดี ด้วยสภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมทำให้ประเทศไทยสามารถปลูกผักและผลไม้ได้หลายชนิด การเตรียมแปลงเพาะปลูกเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในการเพาะปลูก วิธีการปลูกผักในปัจจุบันนิยมปลูกแบบยกร่องเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำขังในแปลงปลูกและเพื่อลดความเสียหายของผลผลิต (กัญญรัตน์, 2556) การยกร่องปลูกแบบคลุมดินด้วยพลาสติก (Plastic Mulch) เพื่อลดปัญหาวัชพืช และลดการสูญเสียน้ำและปุ๋ย ลดปัญหาดินอัดแน่นเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ฝน หรือเครื่องจักร ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ผลผลิตมีความสะอาดและไม่เกิดการเสียหายจากการสัมผัสดินโดยตรง Charles (1993) กล่าวว่า พืชผักหลายชนิดที่มีการใช้พลาสติกคลุมและได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และให้ผลผลิตรวดเร็วและมีคุณภาพ วัสดุที่ใช้คลุมแปลงปลูกพืช ได้แก่ พลาสติกชนิดสีดำใสและขาว โดยพลาสติกสีดำมีการใช้งานแพร่หลายมากที่สุด เพราะทำให้วัชพืชโตช้าและทำให้ดินอุ่นในหน้าหนาว พลาสติกชนิดใสใช้ทางเหนือของอเมริกาเพราะช่วยทำให้ดินอุ่น ข้อเสียของพลาสติกชนิดใสจะต้องใช้สารกำจัดวัชพืชหรือการอบเพื่อป้องกันวัชพืชเติบโตข้างในที่คลุมพลาสติก พลาสติกชนิดขาวหรือขาวดำ จะทำให้อุณหภูมิดินเย็นกว่าชนิดใสหรือชนิดดำซึ่งเหมาะสำหรับการเติบโตของพืชในหน้าร้อน การปลูกพืชโดยใช้พลาสติกคลุมดินมักจะให้ปุ๋ยและน้ำด้วยระบบน้ำหยดภายใต้แผ่นพลาสติก ซึ่งทำโดยวางเทปน้ำหยดเพื่อทำให้พืชมีผลผลิตดีและผลผลิตสุกแก่เร็วขึ้น (วิทยา และคณะ, 2543) ซึ่ง Palada et al. (1995) ได้ทำการทดลองการให้น้ำพืชผักด้วยระบบน้ำหยด โดยการปลูกแบบใช้พลาสติกคลุมดิน พบว่า ผลผลิตแตงกวาและข้าวโพดหวานสูงขึ้น 23% และ 26% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้พลาสติกคลุมดิน และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำอีกด้วยซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Fipps and Perez (1995) ที่รายงานว่า นอกจากจะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและลดปริมาณการใช้น้ำและปุ๋ยแล้ว ยังช่วยให้ผลผลิตสุกแก่เร็วขึ้นอีกด้วย

ปัจจุบันในขั้นตอนการคลุมดินด้วยพลาสติกยังใช้แรงงานคนในการปูพลาสติกอยู่ โดยปกติเกษตรกรมักจะจ้างรถแทรกเตอร์มา ยกร่องปลูกก่อน หรือในเกษตรกรรายใหญ่จะยกร่องเอง จากนั้นจะใช้คนงานเดินเกลี่ยสันด้วยคราดรองเพื่อตกแต่งร่องแล้วจึงโรย ปุ๋ยบนร่อง เกษตรกรบางรายใส่ปุ๋ยหลังจากปลูกผักแล้วและลากสายน้ำหยดไว้บนร่อง จากนั้นจึงใช้คนงานปูพลาสติกและใช้จอบ ขุดดินเพื่อกลบขอบพลาสติก เมื่อปูเสร็จจะใช้คนงานเดินเจาะพลาสติกเป็นรูสำหรับปลูกต้นกล้าหรือหยอดเมล็ดพันธุ์ ซึ่งขั้นตอน ดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เวลาและแรงงานคนจำนวนมาก เห็นได้ว่า กระบวนการเตรียมแปลงปลูกมีความสำคัญต่อการปลูกผักมาก ทั้ง กระบวนการยกร่องและปูพลาสติกแล้ววางเทปน้ำหยด การขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตรทำให้เกษตรกรไม่สามารถทำงานได้ทัน ฤดูเพาะปลูก ส่งผลให้ผลผลิตเสียหายหรือผลผลิตลดลง (ชนิษฐ์, 2551) และการใช้แรงงานคนที่มีอยู่ในครอบครัวอาจไม่เพียงพอ ในการเตรียมแปลงปลูกผัก

เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเตรียมแปลงปลูกพืชส่วนใหญ่แยกการทำงานกัน เช่น เครื่องยกร่อง เครื่องปูพลาสติก เครื่องวางเทปน้ำหยด การปฏิบัติงานแต่ละส่วนต้องใช้คนกำลังคือรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใช้รถแทรกเตอร์ ทำงานแยกส่วนกันทีละส่วนตามลำดับ ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการปฏิบัติงานในแต่ละครั้ง จากปัญหาดังกล่าว ข้างต้น หากมีการพัฒนาอุปกรณ์ในการเตรียมแปลงปลูกผักทั้งการยกร่องปลูก การปูพลาสติกคลุมแปลงและการวางเทปน้ำหยดให้ สามารถทำงานได้พร้อมกัน จะช่วยแก้ปัญหาข้างต้นได้ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องยกร่องและวางสายน้ำหยดพร้อมคลุม พลาสติกนี้จึงมีความสำคัญและจำเป็นเพื่อช่วยแก้ปัญหาแรงงาน ช่วยลดเวลาและต้นทุนในการดำเนินการ เกษตรกรสามารถผลิต ผักได้อย่างเป็นระบบ และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผักให้เกษตรกรได้อีกทางหนึ่งด้วย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ต้นแบบเครื่องยกร่องปลูกพร้อมวางเทปน้ำหยดและคลุมพลาสติก เครื่องยกร่องปลูกพร้อมวางเทปน้ำหยดและคลุม พลาสติก (รูปที่ 1) ถูกออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับการขุดลากด้วยรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง (30-60 แรงม้า) ซึ่งเป็น รถแทรกเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ ผานยกร่องปลูก (2 ข้าง) ชุดวางเทปน้ำหยด ชุดปูผ้าพลาสติก ล้อ กดผ้าพลาสติก (2 ข้าง) และผานกลบผ้าพลาสติก (2 ข้าง) ซึ่งถูกติดตั้งยึดติดประกอบกันบนโครงเหล็ก

หลักการทำงานของอุปกรณ์ยกร่องปลูกแบบคลุมพลาสติกและวางเทปน้ำหยด หลังจากถูกติดตั้งโดยต่อพ่วงกับรถ แทรกเตอร์ต้นกำลังในตำแหน่งจุดต่อพ่วง 3 จุด เทปน้ำหยดจะถูกยึดกับพื้นและคลุมด้วยพลาสติกคลุมแปลง เมื่อรถแทรกเตอร์ เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ชุดยกร่องปลูกทำหน้าที่ปั่นขึ้นรูปร่องปลูก เทปน้ำหยดจะถูกวางบนร่องปลูกและมีผ้าพลาสติกปูทับโดยมี ล้อยางช่วยกดผ้าให้ตึง ส่วนผานกลบที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังจะทำหน้าที่กลบดินบริเวณชายผ้าพลาสติกให้ตึง ทำให้ได้ร่องปลูกผักที่ มีการวางเทปน้ำหยดและปูผ้าพลาสติกพร้อมกัน



วิธีการทดสอบ

2) วัดความชื้นดิน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดสอบ 5 ตัวอย่าง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน โดยนำตัวอย่างดินที่ได้ไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกค่า แล้วจึงนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน (ASAE, 1993) นำตัวอย่างดินที่แห้งแล้วไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกค่า คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินจากสมการที่ (1)

เมื่อ mc = ความชื้นดิน (ฐานเปียก)
 W_1 = น้ำหนักดินก่อนอบ (กรัม)
 W_2 = น้ำหนักดินหลังอบ (กรัม)
 W_3 = น้ำหนักภาชนะ (กรัม)

3) ทดสอบยกร่องด้วยความยาวแปลง 20 เมตร (รูปที่ 2) โดยใช้เกียร์ในการขับเคลื่อน 3 เกียร์ ใช้เกียร์ต่ำ ได้แก่ เกียร์ 2 (ความเร็ว 1.23 เมตรต่อวินาที) เกียร์ 3 (ความเร็ว 2.08 เมตรต่อวินาที) และเกียร์ 4 (ความเร็ว 2.63 เมตรต่อวินาที)

- 4) หาความสามารถในการทำงาน โดยทดสอบยกร่องระยะทาง 20 เมตร ด้วยความเร็ว เกียร์ 2 แล้วจับเวลาในการทำงาน ที่ระยะทาง 20 เมตร และบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณหาความสามารถในการทำงาน ตามสมการที่ (2)
- 5) ทดสอบหาประสิทธิภาพในการทำงาน โดยจับเวลาในการเคลื่อนที่ในการยกร่องปลูก ระยะทาง 20 เมตร และจับเวลา สูญเสียจากการเลี้ยวหัวแปลง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพในการทำงาน ตามสมการที่ (3)
- 6) ทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเริ่มจากเติมน้ำมันให้เต็มถัง (ระดับอ้างอิง) จากนั้นทำการทดสอบและจับ เวลาในการทำงานจนดับเครื่องแล้วตวงน้ำมันเติมให้เต็มถึงระดับอ้างอิง จากนั้นวัดปริมาณน้ำมันที่เติม บันทึกข้อมูลปริมาณ น้ำมันและจับเวลาที่ได้ เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ตามสมการที่ (4)
- 7) ทดสอบการทำงานด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่ เกียร์ 3 และ 4 โดยดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบด้วย เกียร์ 2



รูปที่ 2 การทดสอบยกร่องปลูก

การทดสอบประสิทธิภาพการพูลาสติก

ทำการทดสอบหลังจากทดสอบยกร่องปลูกแล้วจะได้ความเร็วในการขับเคลื่อนที่เหมาะสม แล้วจึงเลือกความเร็วนั้นมา ทดสอบพูลาสติก (รูปที่ 3) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการทำงาน โดยกำหนดให้ความเร็วรอบ เครื่องยนต์คงที่ที่ 1,300 รอบต่อนาที เนื่องจากในการทดสอบเบื้องต้น พบว่า หากใช้รอบต่ำกว่านี้จะทำให้กำลังอุตสาหกรรม ลดต่ำลง และหากสูงเกินไปจะควบคุมรถได้ลำบาก และสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ดำเนินการศึกษาดังนี้

1. เตรียมแปลงทดสอบขนาด กว้าง 15 เมตร ยาว 20 เมตร จากนั้นใช้รถแทรกเตอร์ปรับหน้าดินและไถพรวนด้วยไถโรตารี สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง ทำการทดสอบและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียกของดินตาม สมการ (1)
2. ทดสอบพูลาสติกและวางสายน้ำหยดตามระยะความยาวแปลง 20 เมตร โดยใช้เกียร์ 2 (ทราบจากการทดสอบยกร่องที่ ผ่านมา) หาความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ ประสิทธิภาพในการทำงาน และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
3. หาความสามารถในการทำงาน โดยทดสอบยกร่องระยะทาง 20 เมตร ด้วยความเร็ว เกียร์ 2 แล้วจับเวลาในการทำงาน และบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณหาความสามารถในการทำงาน ตามสมการที่ (2)
4. ทดสอบหาประสิทธิภาพในการทำงาน โดยจับเวลาในการเคลื่อนที่ในการยกร่องแปลงระยะทาง 20 เมตร และจับเวลา สูญเสียจากการเลี้ยวหัวแปลง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพในการทำงาน ตามสมการที่ (3)

5. ทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเริ่มจากเติมน้ำมันให้เต็มถัง (ระดับอ้างอิง) จากนั้นทำการทดสอบและจับเวลาในการทำงานจนดับเครื่องแล้วเติมน้ำมันให้เต็มถึงระดับอ้างอิง จากนั้นวัดปริมาณน้ำมันที่เติม บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำมันและจับเวลาที่ได้ เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ตามสมการที่ (4)



รูปที่ 3 การทดสอบปุ๋ยพลาสติก

ค่าชี้ผลการศึกษา ได้แก่

1. ความสามารถเชิงพื้นที่ (Field Capacity) คือ ปริมาณพื้นที่ในการทำงานต่อเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน สามารถหาได้จากการทดสอบจริงในพื้นที่ ซึ่งมีวิธีการศึกษาและเก็บข้อมูล ได้แก่ วัดพื้นที่การทำงาน และวัดหน้ากว้างของอุปกรณ์กร่อง และทดสอบอุปกรณ์กร่องปลูกผักแบบคลุมพลาสติกและวางเทปน้ำหยด จับเวลาการทำงาน มีหน่วยเป็นไร่ต่อชั่วโมง หาได้จากสมการดังนี้

$$\text{ความสามารถเชิงพื้นที่} = \frac{\text{พื้นที่ในการทำงาน (ไร่)}}{\text{เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)}} \quad (2)$$

2. ประสิทธิภาพในการทำงาน (Efficiency) คือ เปอร์เซ็นต์ของเวลาทางทฤษฎีต่อเวลาในการปฏิบัติงานจริง มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ หาได้จากสมการดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการทำงาน (Eff)} = \frac{\text{เวลาทำงานทางทฤษฎี}}{\text{เวลาทำงานทางทฤษฎี + เวลาที่สูญเสีย}} \times 100 \quad (3)$$

3. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) คือ ปริมาณน้ำมันที่สูญเสียในการทดสอบโดยใช้กระบอกตวงวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง จากนั้นเติมน้ำมันเชื้อเพลิงลงในเครื่องรถแทรกเตอร์ หลังจากการทดสอบการทำงานของ

อุปกรณ์ในแต่ละแปลงเสร็จแล้วก็นำน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหลือมาใส่กระบอกตวงเพื่อหาปริมาณการใช้น้ำมัน หาได้จากสมการดังนี้

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันที่ในการทำงาน (ลิตร)}}{\text{เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)}} \quad (4)$$

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบยกร่องปลูกในพื้นที่ที่ดินมีความชื้นเฉลี่ย 21.23 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จากตารางที่ 1 พบว่า เกียร์ 2 3 และ 4 ให้ความสามารถในการยกร่องเฉลี่ยเท่ากับ 0.92 0.94 และ 1.48 ไร่ต่อชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 79.18 75.99 และ 67.87% และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 3.85 และ 5.27 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ เห็นได้ว่าการทำงานเกียร์ 2 และ 3 มีความเหมาะสมต่อการยกร่อง เนื่องจากมีความสามารถใกล้เคียงกัน ประสิทธิภาพการทำงานสูงและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่าการทำงานด้วยเกียร์ 4

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยกร่องปลูก

เกียร์	ความสามารถ (ไร่ต่อชั่วโมง)	ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)	อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง)
2 (1.23 เมตร/วินาที)	0.92	79.18	3.30
3 (2.08 เมตร/วินาที)	0.94	75.99	3.85
4 (2.63 เมตร/วินาที)	1.48	67.87	5.27

หมายเหตุ: ทดสอบที่สภาพดินมีความชื้น 21.23 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

จากการทดสอบยกร่องปลูกทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมของความเร็วในการเคลื่อนที่ คือ ใช้เกียร์ 2 และ 3 เป็นช่วงความเร็วที่มีความเหมาะสมต่อการทำงาน จึงได้กำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ เกียร์ 2 ในการทดสอบบุพลาสติคและวางเทปน้ำหยด

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบบุพลาสติคและวางเทปน้ำหยด พบว่า เกียร์ 2 มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 17.45% และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ลิตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบุพลาสติคและวางเทปน้ำหยด

เกียร์	ความสามารถ (ไร่ต่อชั่วโมง)	ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)	อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง, ลิตรต่อไร่)
2 (1.23 เมตร/วินาที)	1.51	17.45	3.60, 2.40

หมายเหตุ: ทดสอบที่สภาพดินมีความชื้น 13.44 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

การอภิปรายผล

จากผลการทดสอบการยกร่องปลูก พบว่า เกียร์ 2 3 และ 4 ให้ความสามารถในการยกร่องปลูกเฉลี่ย เท่ากับ 0.92 0.94 และ 1.48 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานของเกียร์ 2 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ย 79.18 75.99 และ 67.87% และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของการทำงานด้วยเกียร์ 2 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 3.85 และ 5.27 ลิตรต่อชั่วโมง เห็นได้ว่าการทำงานเกียร์ 2 และ 3 มีความเหมาะสมต่อการยกร่องปลูก เนื่องจากมีความสามารถใกล้เคียงกัน ประสิทธิภาพการทำงานสูงและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่าการทำงานด้วยเกียร์ 4 เนื่องจากการขับเคลื่อนด้วยความเร็วเกียร์ที่ต่ำกว่าทำให้สามารถควบคุมรถแทรกเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ดีกว่าการขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงหรือใช้เกียร์สูง ทำให้สูญเสียเวลาในการทำงานน้อยกว่า จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานด้วยเกียร์ 2 และ 3 มีค่ามากกว่าการทำงานด้วยเกียร์ 4 และเวลาสูญเสียที่มากขึ้น ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้องใช้มากขึ้นด้วย ดังนั้น การใช้ความเร็วขับเคลื่อนด้วยเกียร์ 2 และ 3 จึงเหมาะสมต่อการทำงาน จากนั้นจึงทดสอบปูพลาสติกและวางเทปน้ำหยดด้วยเกียร์ 2 ผลการทดสอบ พบว่า มีความสามารถในการปูพลาสติกเฉลี่ย เท่ากับ 1.51 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 17.45% และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.4 ลิตรต่อไร่

จากการทดสอบและประเมินผลการทดสอบ เห็นได้ว่า เครื่องยกร่องปลูกและวางเทปน้ำหยดพร้อมคลุมพลาสติก สามารถนำไปใช้งานในการยกร่องปลูกและปูพลาสติกซึ่งช่วยลดขั้นตอนการทำงานในการเตรียมแปลงปลูกผักลงได้

บทสรุป

ผลการศึกษาในการยกร่องปลูก โดยใช้เกียร์ 2 3 และ 4 ในการทดสอบ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 1,300 รอบต่อนาที ผลการทดสอบ พบว่า เกียร์ 4 ให้ความสามารถในการยกร่องปลูกเฉลี่ยได้ดีที่สุด คือ 1.48 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุด คือ เกียร์ 2 เฉลี่ย 79.18% และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้น้ำมันในการยกร่องปลูกน้อยที่สุด คือ เกียร์ 2 เฉลี่ย 3.30 ลิตรต่อไร่

ผลการศึกษาในการปูพลาสติกและวางเทปน้ำหยด โดยใช้เกียร์ 2 ความเร็วรอบอยู่ที่ 1,300 รอบต่อนาที ผลการทดสอบ พบว่า ความสามารถในการปูพลาสติกเฉลี่ยอยู่ที่ 1.51 ไร่ต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ยอยู่ที่ 17.45% และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยอยู่ที่ 2.4 ลิตรต่อไร่

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ทำการวิจัย ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทดสอบมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กัญญารัตน์ ปัจฉริยะ. (2556). การเตรียมดินปลูกผัก. ค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2562. http://vegetables.blogspot.com/p/blog-page_29.html.

ชนิษฐ์ หวานณรงค์. (2551). โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือสำหรับปลูกพืชแบบคลุมดินด้วยพลาสติก. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร องค์การมหาชน.

วิทยา ตั้งก่อสกุล, พิชัย ชูเอกวงศ์, ดิเรก ทองอร่าม, มนตรี วงศ์รักษพานิช, เปรมปรี ฌ สงขลา และสมพงษ์ โชติวรรณ.

(2543). พลาสติกเพื่อการเกษตร. สำนักพิมพ์ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและอาหาร ปี 2564. ค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2564. http://impexp.oae.go.th/service/report_product01.php?S_YEAR=2564&i_type=2&PRODUCT_ID=1273&wf_search=&WFSEARCH=Y#4472.

ASAE standard. (1993) Standards engineering practices data, 40th edition., American society of agricultural engineering, USA, 1993.

Charles. (1993). Plastic Mulches for Vegetables. ค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2562. <http://www.oznet.ksu.edu/library/hort2/MF1091.pdf>.

Fipps G. and Perez E. (1995). Micro irrigation of melons under plastic mulch. In Proceedings of the Fifth International Micro Irrigation Congress 2-6 April 1995. Florida, USA. 510-515.

Palada M.C., Stafford M.A. and Collingwood C.D. (1995). Improving vegetable production using micro irrigation. In Proceedings of the Fifth International Micro Irrigation Congress 2-6 April 1995. Florida, USA. 502-509.

Received: January 28, 2021; Revised: March 24, 2021; Accepted: April 16, 2021

ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยผงเมล็ดกระบกต่อคุณภาพ
ของผลิตภัณฑ์เค้ก

Effect of wheat flour partial substitution with *Irvingia malayana*
on quality of cupcake product

ณัฐวณิชล ศรชพรปราชญ์¹ นิตยา ภูงาม^{1*} วิจารณ์ ลักขร¹ และอรวรรณ อยู่ดีรัมย์¹

Natwalinkhol Settapramote¹, Nittaya Phungam^{1*}, Wiparat Luckason¹

and Orawan Yindeeram¹

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail Address : Nittaya.ph@rmuti.ac.th and pampam.302@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดกระบก จากการคัดเลือกสูตรเค้กพื้นฐาน 3 สูตร จากนั้นทำการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีการ 9 Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่าสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (7.4) และมีค่าแรงกดสูงสุดมีค่าต่ำที่สุด (47.23 N) ดังนั้นเค้กสูตรที่ 3 จึงถูกคัดเลือกไปศึกษาอัตราส่วนในการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเมล็ดกระบก 0, 5, 10 และ 15% (w/w) พบว่าการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส และปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity; a_w) ของเค้กทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีจากผงเมล็ดกระบกมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้เค้กที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดกระบกในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้มีค่าแรงกดสูงสุดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นเมื่อพิจารณาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเมล็ดกระบก 15% (w/w) จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: แป้งเมล็ดกระบก การทดแทน แป้งสาลี เบเกอร์ คัพเค้ก

Abstract

The objective of this study was to develop a cupcake product by substituting *Irvingia Malayana* Flour for wheat flour. Three selected basis formulas were studied. Sensory evaluations on color, odor, flavor, texture, and overall liking by the untrained panel (n=30) were studied. The result showed that three basic formulas were significantly different ($p \leq 0.05$). Formula No.3 was the highest of overall liking score (7.4) and it was the lowest of the maximum compression force (47.23 N). Therefore, formula No.3 was selected for the substitution of *Irvingia Malayana* Flour for wheat flour in varying different levels (0, 5, 10, and 15% (w/w), respectively). Sensory evaluation and water activity were not a significant difference ($p > 0.05$). However, the lightness (L^*) and yellowness (b^*) of cupcake by substitution of *Irvingia Malayana* Flour had higher ($p \leq 0.05$) than the control treatment. Furthermore, the maximum compression force of the cupcake was decreased when increased substitution of *Irvingia Malayana* Flour. Consequently, the optimum formula of cupcake product by substitution of *Irvingia Malayana* Flour for wheat flour was 15% (w/w).

Keyword: *Irvingia Malayana* flour, Substitution, Wheat flour, Cupcake, Bakery

บทนำ

เค้กเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่และเป็นผลิตภัณฑ์ที่หาซื้อได้ง่ายเหมาะกับทุกเพศทุกวัย ซึ่งส่วนผสมของเค้กจะประกอบไปด้วยแป้งสาลี เหนย ไข่ นม และน้ำตาล เป็นต้น คุณลักษณะที่ดีของเค้กจะต้องมีเนื้อที่คงรูปและนุ่มเบา ซึ่งลักษณะแบบนี้เกิดจากแป้งสาลีมีองค์ประกอบของโปรตีนที่เรียกว่า กลูเตน (Gluten) ที่มีการดูดซับน้ำเข้าไปในโครงสร้างและเกิดลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ภายหลังจากการอบจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มและฟูมากยิ่งขึ้น (Gallagher et al., 2004) ในปัจจุบันการพัฒนารูปแบบของเค้กได้มีการนำวัตถุดิบจากธรรมชาติ เช่น แป้งข้าว แป้งมันเทศ และกล้วย เป็นต้น โดยการนำวัตถุดิบข้างต้นมาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์เค้กมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เช่น โปรตีน โยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ เป็นต้น นอกจากนี้เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าทางการตลาดให้กับวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น เมล็ดกระบกมีรสชาติเหมือนเมล็ดอัลมอน ดังนั้นเมล็ดกระบกจึงได้ชื่อว่าเป็น “อัลมอนอีสาน” มีรสชาติหอมมันอร่อย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีแนวความคิดในการนำเมล็ดกระบกที่เป็นวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นทั่วไปตามภูมิภาคอีสานเพื่อนำมาเพิ่มมูลค่าทางการตลาดให้กับเมล็ดกระบกอีกทางหนึ่งด้วย นอกจากนี้เมล็ดกระบกเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน โยอาหาร แร่ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 13.6, 60.4, 3.9 2.1 และ 20.1% (w/w) ตามลำดับ ซึ่งเมล็ดกระบกจะมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (Unsaturated fatty acid) (65 g ต่อ 100 g) รวมทั้งมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid) เช่น ไลซีน (Lysine) เท่า 35 mg ต่อ 100 g (นรินทรา, 2545) จากคุณค่าทางโภชนาการดังกล่าวของเมล็ดกระบกหากนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เค้กจะสามารถเป็นผลิตภัณฑ์อีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์เค้กและมีคุณค่าทางสารอาหาร นอกจากนี้เป็นการส่งเสริมเพื่อเพิ่มรูปแบบของการใช้ประโยชน์ของเมล็ดกระบกให้หลากหลายมากขึ้น และอาจจะเพิ่มการสร้างรายได้ให้กับชุมชนที่มีการเก็บเมล็ดกระบกมาจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้เพื่อการเลี้ยงตนเองและครอบครัวได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่นำเมล็ดกระบกมาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์เค้กเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เค้กที่มีรสชาติที่หอมมันอร่อยมากยิ่งขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. ศึกษาการคัดเลือกสูตรการผลิตเค้กสูตรพื้นฐาน

1.1 วิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์เค้กสูตรพื้นฐาน

ซึ่งส่วนผสมตามตารางที่ 1 จากนั้นร่อนส่วนที่เป็นของแห้ง ได้แก่ แป้งเค้ก ผงฟู และเกลือ นำเนยใสในอ่างผสมและตีเนยกับน้ำตาลจนฟู เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไข่ขาวไปตีจนขึ้นฟูด้วยเครื่องผสม เป็นเวลา 5 นาที แล้วค่อย ๆ เติมน้ำตาลทรายขาวป่นตีต่อจนน้ำตาลละลาย แล้วเติมส่วนของแห้งลงไปผสมกับไข่แดง นำเนยละลาย และนมจืดใส่ไข่ขาวที่ตีได้ใช้ไม้พายคนให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นตักส่วนผสมเค้กใส่ลงในถ้วย ขนาด 4.5x3.4x5.5 cm ปริมาณ 25 g นำไปอบที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 13-15 นาที ทดสอบการสุกด้วยการนำไม้จิ้มจุ่มตรงกลางขนมหากไม่มีเนื้อขนมติดออกมาหมายถึงสุก นำออกจากเตาพักให้เย็น ณ อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปทดสอบคุณภาพตามที่กำหนดไว้ (ปริญา และพรพิน, 2553)

ตารางที่ 1 สูตรส่วนผสมขนมเค้กสูตรพื้นฐาน

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (g)	สูตรที่ 2 (g)	สูตรที่ 3 (g)
แป้งเค้ก	70	80	100
เนยจืด	85	100	100
น้ำตาลทรายป่น	65	80	120
ไข่ไก่	100	100	200
ผงฟู	4	4	8
กลิ่นวนิลา	2	2	4
เกลือป่น	2	3	2
นมจืด	30	70	80

ที่มา: สูตรที่ 1 ดัดแปลงจาก ปริญา และพรพิน (2553); สูตรที่ 2 ดัดแปลงจาก ชมดาว (2561); สูตรที่ 3 ดัดแปลงจาก วิสนันท์ (2562)

1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กสูตรพื้นฐาน

1) การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์เค้กสูตรพื้นฐานมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการ 9-Point-Hedonic Scaling test ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งให้คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = เฉย ๆ และ 9 = ชอบมากที่สุดของผลิตภัณฑ์เค้ก

2) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

นำตัวอย่างเค้กมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ทำการตัดชิ้นตัวอย่างให้มีขนาด 2x2x4 cm โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ใช้หัวทดสอบทรงกระบอก (Cylindrical probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm (P/50) โหลดเซลล์ (Load cell) ขนาด 500 N กำหนดค่าในการทดสอบด้วยความเร็ว 1.0 mm/sec. กดลงระยะ 50% ของขนาดความสูงของตัวอย่าง โดยทดสอบแรงกดสูงสุด (Maximum Force, N) แสดงค่าความแข็ง (Hardness, N) ของผลิตภัณฑ์เค้ก ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (Replicates) (ชมดาว, 2561)

3) วิเคราะห์ค่าสี

นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Colorimeter ใช้ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ โดยค่า L^* หมายถึง ค่า 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว ค่า a^* หมายถึง ค่าของสีแดง ($+a^*$) และสีเขียว ($-a^*$) และค่า b^* หมายถึง ค่าของสีเหลือง ($+b^*$) และสีน้ำเงิน ($-b^*$) ดำเนินการศึกษากำหนดจำนวน 3 ซ้ำ (Replicates)

4) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity: a_w)

วัดปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดค่า a_w โดยบรรจุตัวอย่างคัพเค้กลงในภาชนะวัดค่า a_w รอจนเครื่องทำงานเสร็จบันทึกค่าที่ได้ ดำเนินการศึกษากำหนดจำนวน 3 ซ้ำ (Replicates)

5) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan Multiple's Range Test (DMRT) สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี และปริมาณน้ำอิสระ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan Multiple's Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเมล็ดกระบองในผลิตภัณฑ์คัพเค้ก

2.1 การเตรียมผงเมล็ดกระบอง

กะเทาะเปลือกเมล็ดกระบองออกล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด นำไปเกลี่ยลงบนตะแกรง โดยเกลี่ยให้ทั่วห้ามซ้อนทับกัน จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าเมล็ดกระบองจะมีความชื้นร้อยละ 14 ครบเวลาดังตั้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปบดด้วยเครื่องบดของแห้งจากนั้นร่อนด้วยตะแกรง ขนาด 80 เมช (mesh) บรรจุในถุงอูมิเนียมฟรอยด์เก็บรักษาไว้ในที่แห้ง (ดัดแปลงจาก ดารารัตน์ และคณะ, 2554)

2.2 วิธีการเตรียมคัพเค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเมล็ดกระบอง

นำสูตรที่ผ่านการคัดเลือกจาก หัวข้อ 1 มาทำการเตรียมผลิตภัณฑ์คัพเค้ก โดยสูตรที่ผ่านการคัดเลือกคือ สูตรที่ 3 เตรียมส่วนผสม ตามสูตรที่ 3 (ตารางที่ 1) อัตราส่วนในการทดแทนแป้งสาลี 0, 5, 10 และ 15% (w/w) โดยวิธีการผลิตคัพเค้กและทดสอบคุณภาพตามที่ระบุไว้ในข้อ 2.3

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของคัพเค้กสูตรพื้นฐาน และสูตรทดแทนแป้งเมล็ดกระบอง

1) การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์คัพเค้กสูตรพื้นฐานมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการ 9-Point-Hedonic Scaling test ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งให้คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = เฉย ๆ และ 9 = ชอบมากที่สุดของผลิตภัณฑ์คัพเค้ก

2) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

นำตัวอย่างคัพเค้กมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ทำการตัดชิ้นตัวอย่างให้มีขนาด $2 \times 2 \times 4$ cm โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ใช้หัวทดสอบทรงกระบอก (Cylindrical Probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm (P/50) โหลดเซลล์ (Load Cell) ขนาด 500 N กำหนดค่าในการทดสอบด้วยความเร็ว 1.0 mm/sec. กดลงระยะ 50% ของขนาดความสูงของตัวอย่าง โดยทดสอบแรงกดสูงสุด (Maximum Force, N) แสดงค่าความแข็ง (Hardness, N) ของผลิตภัณฑ์คัพเค้ก ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (Replicates) (ชมดาว, 2561)

3) วิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^*

นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Colorimeter ใช้ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ โดยค่า L^* หมายถึง ค่า 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว ค่า a^* หมายถึง ค่าของสีแดง ($+a^*$) และสีเขียว ($-a^*$) และค่า b^* หมายถึง ค่าของสีเหลือง ($+b^*$) และสีน้ำเงิน ($-b^*$) ดำเนินการศึกษากำหนด 3 ซ้ำ (Replicates)

4) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: a_w)

วัดปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water Activity บรรจุตัวอย่างคัพเค้กลงในภาชนะ ใส่ช่องฝาเครื่อง หมุนปุ่มวัดเพื่ออ่านค่า รอจนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน บันทึกค่าที่ได้

5) วิเคราะห์ค่าทางสถิติของการศึกษา

การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design : RCBD โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan Multiple's Range Test (DMRT) สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี และปริมาณน้ำอิสระ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan Multiple's Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป ดำเนินการศึกษากำหนด 3 ซ้ำ (Replicates)

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของคัพเค้กสูตรพื้นฐาน จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ดัดแปลงจากปริญญา และพรพิน (2553); สูตรที่ 2 ดัดแปลงจาก ชมดาว (2561); สูตรที่ 3 ดัดแปลง วิสนันท์ (2562) เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบะก พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด เนื่องจากมีค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด (7.0 7.4 7.1 และ 7.4 ตามลำดับ) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับคัพเค้กสูตรที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของคัพเค้กสูตรพื้นฐาน

สูตรคัพเค้ก	คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1	6.2±0.22 ^b	6.3±0.15 ^a	6.6±0.96 ^b	6.7±0.05 ^b	6.7±0.12 ^b
สูตรที่ 2	6.0±0.49 ^b	5.7±0.41 ^b	6.1±0.02 ^b	6.3±0.12 ^b	6.3±0.02 ^b
สูตรที่ 3	7.0±0.94 ^a	6.3±0.49 ^a	7.4±0.12 ^a	7.1±0.24 ^a	7.4±0.32 ^a

หมายเหตุ ^{a, b} อักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ได้มีการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์คัพเค้กสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 3 เพื่อประกอบการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม ในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบะก พบว่า ค่า a_w ของทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ค่าอยู่ในช่วง 0.85-0.88) ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) พบว่า สูตรที่ 3 มีค่า L^* ต่ำสุด (82.03) ($p \leq 0.05$) แต่มีค่า a^* และค่า b^* สูงสุด (4.37 และ 28.40 ตามลำดับ) ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 และ 2 นอกจากนี้สูตรที่ 3 มีค่าเนื้อสัมผัส (ค่าแรงกดสูงสุดที่กระทำต่อตัวอย่าง) ต่ำกว่า (47.23 N) ($p \leq 0.05$) สูตรที่ 1 และ 2 (65.67 และ 47.23 N) แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ 3 มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มและเบาจึงมีแรงที่กระทำต่อตัวอย่างต่ำที่สุด

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์คัพเค้กสูตรพื้นฐาน

สูตรคัพเค้ก	คุณภาพทางกายภาพ				
	ค่า Water activity (a_w) ^{ns}	ค่าสี			ค่าเนื้อสัมผัส (ค่าแรงสูงสุด : N)
		ค่าความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)	
สูตรที่ 1	0.85±0.01	76.36±0.35 ^a	3.67±0.21 ^b	26.77±0.23 ^b	88.08±0.19 ^a
สูตรที่ 2	0.88±0.01	74.23±0.28 ^b	3.58±0.22 ^b	26.96±0.25 ^b	65.67±0.23 ^b
สูตรที่ 3	0.88±0.01	73.03±0.23 ^c	4.37±0.31 ^a	28.40±0.17 ^a	47.23±0.03 ^c

หมายเหตุ ^{a, b} อักษรในแนวดังที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการคัดเลือกสูตรคัพเค้กที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบองที่อัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15% (w/w) พบว่า ผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบองที่อัตราส่วนที่ 15% (w/w) ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด เนื่องจากมีค่าคะแนนคุณลักษณะทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด (7.2, 6.7 7.2, 7.3 และ 7.4 ตามลำดับ) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบองของอัตราส่วน 0, 5 และ 10% (w/w) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของคัพเค้กเสริมแป้งเมล็ดกระบองอัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10 และ 15% (w/w)

ปริมาณแป้งเมล็ดกระบอง (%)	คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0	6.2±0.22 ^b	6.3±0.15 ^b	6.6±0.96 ^b	6.7±0.02 ^b	6.7±0.27 ^b
5	6.4±0.19 ^b	6.3±0.11 ^b	6.7±0.03 ^b	6.0±0.13 ^c	6.8±0.18 ^b
10	6.2±0.63 ^b	5.5±0.70 ^c	6.6±0.14 ^b	6.9±0.14 ^b	6.9±0.73 ^b
15	7.2±0.13 ^a	6.7±0.32 ^a	7.2±0.26 ^a	7.3±0.11 ^a	7.4±0.26 ^a

หมายเหตุ ^{a, b} อักษรในแนวดังที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบอง อัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15% (w/w) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ค่าอยู่ในช่วง 0.85-0.91) รวมทั้งการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งเมล็ดกระบองในปริมาณสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบองมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์คัพเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งเมล็ดกระบองในอัตราส่วน 15% (w/w) มีค่า L* สูง (91.02) และ มีค่า a* และ b* ต่ำ (3.17 และ 25.10 ตามลำดับ) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบองของอัตราส่วน 0, 5 และ 10% (w/w) และการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของคัพเค้กทดแทนแป้งเมล็ดกระบอง 15% (w/w) มีค่าแรงกดสูงสุดที่กระทำต่อตัวอย่างต่ำที่สุด เนื่องจากเนื้อคัพเค้กมีความเบาและนุ่มกว่าสูตรอื่น ๆ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์คัพเค้กเสริมแป้งเมล็ดกระบองอัตรส่วน 0, 5, 10 และ 15% (w/w)

ปริมาณแป้งเมล็ดกระบอง (%)	คุณลักษณะทางกายภาพ				
	ค่า Water activity (a_w) ^{ns}	ค่าสี			ค่าเนื้อสัมผัส (ค่าแรงสูงสุด : N)
		ค่าความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)	
0	0.85±0.01	77.26±0.35 ^c	8.57±0.11 ^a	31.37±0.13 ^a	47.23±0.01 ^a
5	0.91±0.01	78.63±0.28 ^c	6.18±0.02 ^b	28.16±0.35 ^b	23.93±0.93 ^b
10	0.90±0.01	85.12±0.23 ^b	4.17±0.21 ^c	27.30±0.07 ^c	21.68±0.69 ^c
15	0.90±0.01	91.02±0.13 ^a	3.17±0.21 ^d	25.10±0.09 ^d	14.63±0.37 ^d

หมายเหตุ ^{a, b} อักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); ^{ns} ในแนวนอน
ไม่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของคัพเค้กสูตรพื้นฐาน จำนวน 3 สูตร เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเมล็ดกระบอง พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากลักษณะของคัพเค้กมีสีเหลืองทอง รสชาติหวานกำลังดี เนื้อสัมผัสมีความนุ่มฟู จากลักษณะความนุ่มฟู ที่ได้ของคัพเค้กอาจเนื่องมาจากสูตรที่ 3 มีการเติมผงฟู และไข่ในปริมาณสูงกว่าสูตรอื่น ๆ จึงส่งผลให้คัพเค้กนุ่มฟูมากกว่าสูตรอื่น ๆ เพราะผงฟู หรือ โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) เมื่อผสมเข้าไปในแป้งและน้ำทำให้เกิดแก๊สขึ้นในระหว่างผสมหรือ ระหว่างอบ แก๊สที่เกิดขึ้นจะทำให้ขนมที่อบสุกแล้ว ขยายขึ้นมีปริมาณมากขึ้น มีลักษณะเบาไม่อัดแน่นและมีเนื้อสัมผัสนุ่ม และภายในเนื้อเค้กมีความเป็นรูพรุนสม่ำเสมอ เนื้อเค้กจึงไม่หนัก มีความชุ่มฉ่ำ และมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มทำให้ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของคัพเค้กสูตรที่ 3 มี ค่าความสว่าง (L*) ต่ำที่สุด และมีค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) สูงที่สุด เนื่องจากภายในสูตรมีการใช้อัตราส่วนของน้ำตาลสูงที่สุดจึงส่งผลให้ในระหว่างกระบวนการอบทำให้น้ำตาลโดนความร้อนและเกิดปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (Caramelization) ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์คัพเค้กเกิดขึ้นได้ค่าความสว่างต่ำ และส่งผลให้มีค่าสีแดง และสีเหลืองสูงตามไปด้วย (พิศมัย, 2547; Ashwini et al., 2009)

จากการผลิตผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเมล็ดกระบองที่อัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15% (w/w) พบว่า ผลิตภัณฑ์คัพเค้กทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเมล็ดกระบองที่อัตราส่วน 15% (w/w) ได้คะแนนการยอมรับสูง (ตารางที่ 4) เนื่องจากเนื้อคัพเค้กที่ได้มีความหอมหวาน มัน และเนื้อสัมผัสของคัพเค้กนุ่ม และฟู การเพิ่มอัตราส่วนของแป้งเมล็ดกระบองปริมาณสูงยิ่งส่งผลดีเพราะลักษณะเด่นของเมล็ดกระบองจะมีรสชาติที่หวานมัน และมีกลิ่นหอมใกล้เคียงกับเมล็ดอัลมอนจึงทำให้ผลิตภัณฑ์คัพเค้กที่ได้มีรสชาติหวานมันอร่อยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้การทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเมล็ดกระบองในปริมาณสูงส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์คัพเค้กสูง เนื่องจากลักษณะสีของแป้งเมล็ดกระบองมีลักษณะเป็นสีขาวจึงทำให้ค่าความสว่างสูงขึ้นไปด้วย (นรินทร, 2545) เมื่อเปรียบเทียบกับคัพเค้กสูตรควบคุมจะมีค่าความสว่างที่ต่ำกว่าสูตรทดแทนเนื่องจากแป้งสาลีมีองค์ประกอบของน้ำกลุ่มไดแซ็กคาร์ไรด์ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลซึ่งเป็นปฏิกิริยาแบบไมซ์เอนไซม์ แต่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วเมื่อให้ความร้อนที่ประมาณ 140 ถึง 165°C และการใช้อุณหภูมิสูง ๆ ในการอบคัพเค้กจะทำให้เกิดคาราเมลของน้ำตาล หรือแป้ง (Caramelization) หรือน้ำตาลรีดิวิง จึงส่งผลให้อาหารสีน้ำตาล จึงทำให้ค่าความสว่างของคัพเค้กสูตรควบคุมมีค่าความสว่างต่ำกว่าสูตรทดแทน (Lifes, 2019) อีกทั้ง

การเพิ่มปริมาณผงแป้งเมล็ดกระบองในระดับสูงทำให้เค้กมีความนุ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าแรงกดสูงสุดที่กระทำต่อตัวอย่างมีค่าต่ำ เนื่องจากแป้งเมล็ดกระบองเมื่อเกิดเจลจะมีความหนืดสูง โดยแป้งเมล็ดกระบองจะดูดซับน้ำไว้ในโมเลกุลของแป้งในระหว่างกระบวนการผสม จากนั้นเมื่อนำเค้กไปเข้าอบในระหว่างนั้นแป้งเมล็ดกระบองจะได้รับความร้อนแป้งจะเกิดการพองตัว เมื่อความร้อนสูงขึ้นแป้งจะขยายตัวและเกิดการแตกตัวจนเข้าสู่สภาวะที่เกิดเจล เมื่อพิจารณาค่าเนื้อสัมผัสของเค้กสูตรทดแทนจะมีความนุ่มสูงกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากในแป้งเมล็ดกระบองอาจมีปริมาณของกลูเตน (Gluten) เป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปอร์มของธัญพืช (Cereal grain) ในปริมาณที่เพียงพอทำให้ในการดูดซับน้ำ หรืออุ้มน้ำไว้จนเกิดลักษณะโด (Dough) โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่นไม่ละลายในน้ำจึงส่งผลให้เค้กที่ได้มีความนุ่มฟูได้ (นรินทรา, 2545; พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2562; Mau et al., 2015)

บทสรุป

การนำแป้งเมล็ดกระบองมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กในสูตรเค้กพื้นฐานที่ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีคะแนนการทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวมสูงที่สุด (7.2 6.7 7.2 7.3 และ 7.4) และมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม ฟู โดยมีการทดแทนแป้งเมล็ดกระบองที่อัตราส่วน 15% (w/w) ของแป้งสาลี ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดในการทดแทนในการศึกษาครั้งนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ สำหรับห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

เอกสารอ้างอิง

- ชมดาว สิกขมณฑล. (2561). แป้งเค้กไรซ์เบอร์รี่สำเร็จรูป. รายงานการวิจัย. สำนักงานงานวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ.
- ดาร์รัตน์ นาคละอ, อาภัสรา แสงนาค และกุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์. (2554). การปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีการพรีเจลลาไทน์. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 16(1): 12-21.
- นรินทรา ชวฤชัย. (2545). สารอาหารและสารต่อต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดมะกอกและเมล็ดกระบอง. รายงานการวิจัย. คณะเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม.
- ปริญญา วิสารพรวุฒิ และพรพิน ไพบูลย์วงศ์. (2553). การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ cupcake เสริมแป้งถั่วเหลือง. ปริญญานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2562). Gluten / กลูเตน. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2564. http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0351/gluten-%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%99#google_vignette
- พิศมัย ศรีชาเขย. (2547). ผลของสภาวะการผลิตและกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของคาราเมล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วิสนันท์ ถาวรสวัสดิ์. (2562). เค้กเค้กถั่วเหลืองเลมอน. รายงานการวิจัย. ภาควิชาอุตสาหกรรมอาหาร การท่องเที่ยวและการบริการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพฯ.

- Ashwini A., Jyotsna R. and Indrani D. (2009). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*. 23(1): 700-707.
- Gallagher E., Gormley T.R. and Arendt E.K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*. 15(4): 143-152.
- Lifes. (2019). Maillard reaction, Browning reaction. Accessed 17 April 2021. <http://elife-news.blogspot.com/2019/10/maillard-reaction-browning-reaction.html?view=timeslide>.
- Mau J.L., Lu T.M., Lee C.C., Lin L.Y., Cheng C.H. and Lin S.D. (2015). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cakes fortified with various tea powder. *Journal of Food Processing and Preservation*. 39(2): 443-450.

Received: February 18, 2021; Revised: April 22, 2021; Accepted: April 25, 2021

การใช้ใบไผ่ยาบดผงในสูตรอาหารไก่ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและน้ำหนักซาก ในไก่ตะเภาแก้ว

The use of Chaya leaf powder in feed diet on growth performance and carcass weight in Tapao Kaew chicken

เพิ่มสิน สุริยพันธุ์¹ ศรีโตช รัษฐา¹ พีรกุล อนุชานุรักษ์¹ สุภา ศรีียงยศ¹ และทิวากร อำพอน^{1*}
Permsin Suriyapantree¹, Srey Touch Ratha¹, Peerakool Anuchanurak¹,
Supha Sriyongyot¹ and Thiwakorn Ampapon^{1*}

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail Address: thiwakorn.am@muti.ac.th

บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ผงไผ่ยาบดในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่ตะเภาแก้ว โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จัดกลุ่มทดลองแบบแฟคทอเรียล (2×4 Factorial in Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ไก่ตะเภาแก้ว A1) อายุ 2 สัปดาห์ และ A2) อายุ 4 สัปดาห์ และปัจจัย B ได้แก่ อาหารสูตรควบคุม อาหารผสมผงไผ่ยาบดในสูตรที่ระดับ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (B1, B2, B3 และ B4) โดยทำการทดลองใช้ไก่ละเพศ พันธุ์ตะเภาแก้ว โดยแต่ละกลุ่มทดลองมี 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ตัว รวมทั้งหมด 120 ตัว ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักสุดท้ายและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดงานทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การกินได้ตลอดงานทดลองของไก่ A2 สูงกว่ากลุ่ม A1 และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ไม่มีความแตกต่างกัน ต้นทุนค่าอาหารเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของไก่กลุ่ม A1 ลดลง แต่ไก่กลุ่ม A2 สูงขึ้นในกลุ่มอาหารที่ใช้ไผ่ยาบดในสูตรอาหาร ส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก ปีกบน สันนอก สันใน สะโพก โครง เครื่องในรวม เนื้อน่อง หัวและคอ ข้าง และเลือด ไม่มีผลกระทบของไก่ที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร และไก่ทั้ง 2 กลุ่ม ($p>0.05$) เปอร์เซ็นต์ปีกบนของไก่กลุ่ม A1 สูงกว่ากลุ่ม A2 และ ในขณะเดียวกันไม่มีผลกระทบกับเปอร์เซ็นต์ปีกบนของไก่ทั้งสองกลุ่ม แต่มีค่าสูงขึ้นในกลุ่มอาหารที่ใช้ไผ่ยาบดในสูตรอาหาร ($p<0.05$) ดังนั้นการใช้ใบไผ่ยาบดผงในอาหารไก่ตะเภาแก้วได้ 5-10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

คำสำคัญ: ต้นไผ่ยา สารพฤกษเคมี ไก่ตะเภาแก้ว

Abstract

The aim of this experiment was to study the use of Chaya leaf powder in feed diet on feed intake, growth performances in Tapao Kaew chicken breed. The experimental design was 2x4 Factorial in Completely Randomized Design (2x4 Factorial in CRD) with the animals were conducted into two groups of age chicken (A1: 2 weeks, A2: 4 weeks) and four groups of dietary feed and was three replicates with five chicken per replicated. Treatments using Chaya powder at 0, 5, 10 and 15 percent in the feed (B1, B2, B3 and B4, respectively). As the results, the final weight was no difference among the animals and feed groups. However, the average dairy gain (ADG) and feed consumption rate (FCR) was no significant difference between the chicken groups and feed groups ($p>0.05$). The feed intake in animal A1 was lower than the animal A2 in feed intake, while the feed group (B2, B3 and B4) were higher than the control group (B1) ($p<0.05$). In addition, the animal A1, A2 and feed groups were not different ($p>0.05$) with average daily gain. Percentage of carcass weight, lower wing, hips, including meet, shins, head and neck, and blood were not different in the 4 feed groups and the 2 groups of animals. The feed cost per gain was higher in animal A2 than animal A1 and using Chaya in the feed. Therefore, using Chaya leaves can be used at 5-10 percent in feed ratio without negative affecting on feed intake and growth performance in Tapao Kaew chicken.

Keywords: Chaya tree, Phytonutrients, Tapao Kaew chicken

บทนำ

โก๋เต๋เกาแก้วหรือโก๋ขาวพันธุ์ เป็นโก๋พันธุ์พื้นเมืองลูกผสม เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์โก๋เต๋เกาของเกษตรศาสตร์ โดยมีลักษณะเด่นคือ เจริญเติบโตเร็ว เลี้ยงง่าย กินง่าย อยู่ง่าย ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมทั่วไปได้ดี แหล่งโปรตีนจากพืชมีความสำคัญต่อการผลิตสัตว์ปีกอย่างมากเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนราคาถูกและหาง่ายในท้องถิ่น ในขณะที่โปรตีนจากธัญพืชโดยเฉพาะกากถั่วเหลืองมีราคาที่สูงขึ้น ความต้องการใช้สูงขึ้น ไม่เพียงพอต่อการผลิตอาหารสัตว์ ต้องนำเข้าจากต่างประเทศหลายแสนตันต่อปี จึงมีการใช้แหล่งโปรตีนจากพืชต่าง ๆ เช่น พืชตระกูลถั่ว เศษเหลือจากการผลิตน้ำมันและเอทานอล พืชต่าง ๆ เป็นต้น (จารุณี และคณะ, 2561) พืชที่มีในท้องถิ่นที่มีโปรตีนสูงและมีสารออกฤทธิ์ด้านสารพฤกษเคมีที่สำคัญมีหลายชนิดคือ ใบกระถิน พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ ต้นไผ่ ต้นมันสำปะหลัง เป็นต้น โดยต้นไผ่ หรือภาษาอังกฤษ คือ Tree spinach มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ *Cnidoscolus chayamansa* เป็นพืชในวงศ์ Euphorbiaceae วงศ์เดียวกับมันสำปะหลัง ยางพารา ต้นฝิ่น หนุมานนั่งแท่น สลัดได และสบู่ดำ มีถิ่นกำเนิดในประเทศเม็กซิโก มีการแพร่กระจายสายพันธุ์อยู่ในทวีปอเมริกาและอเมริกา ปัจจุบันในประเทศไทยได้นำเข้ามาปลูกหลายพื้นที่เป็นผักปลูกง่าย โตไวและยืนต้นนาน ในไทยมีชื่อเรียกหลากหลายเช่น ค่น้ำเม็กซิกัน ผักไผ่ มีรสชาติดี อร่อย เนื้อสัมผัสกรุบกรอบ ไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว ไม่มีรสขม และมีคุณค่าทางอาหารสูง มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยามากมาย ผักไผ่มีฤทธิ์ด้านจุลชีพหลายชนิด ฤทธิ์ด้านการอักเสบ มีสารต้านอนุมูลอิสระ มีส่วนช่วยปกป้องหลอดเลือดและหัวใจของหนูทดลอง มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของหนูทดลอง ช่วยลดไขมันในเลือดของหนูทดลอง (องอาจ, 2562) จากการศึกษาของ Franco et al. (2002) ทำการเสริมใบไผ่ในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 150

250 และ 350 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่า ไม่ส่งผลกระทบต่อการบินได้ การเจริญเติบโต แต่การเสริมไบโชนาบาตที่ระดับ 150 และ 250 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักของไส้ติ่ง และวัตถุแห้งมีศักยภาพสูงใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่สนับสนุนว่าไบโชนาบาตช่วยปรับปรุงจุลนาสตร์การผลิตแก๊สและการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองแสดงให้เห็นว่าไบโชนาบาตมีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ได้ (สุบรรณ และคณะ, 2562) นอกจากนี้ไบโชนายังเป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน แคลเซียม โพแทสเซียม เหล็ก และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ไบโชนามีระดับสารอาหารสูงมีปริมาณโปรตีน 28.0-31.1 เปอร์เซ็นต์ (กฤติยา, 2562; Babalola and Alabi, 2015) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ผงไบโชนาในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการบินได้ สมรรถนะการเจริญเติบโตและน้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

สัตว์ อาหาร และแผนการทดลอง

การศึกษาใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จัดกลุ่มทดลองแบบแฟคทอเรียล (2x4 Factorial in Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ไก่ตะเภาแก้วอายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 60 ตัว และ 4 สัปดาห์ จำนวน 60 ตัว ปัจจัย B คือ อาหาร 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 อาหารสูตรควบคุม กลุ่มทดลองที่ 2 อาหารผสมผงไบโชนา ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 3 อาหารผสมผงไบโชนา ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 4 อาหารผสมผงไบโชนา ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยการทดลองใช้ไก่โคลเซพเพ พันธุ์ตะเภาแก้ว โดยแต่ละกลุ่มทดลองมี 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ตัว รวมทั้งหมด 120 ตัว ก่อนเข้างานทดลอง สัตว์ทดลองได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ สัตว์ทดลองจะได้รับวัคซีนและวิตามิน Bio12 (ละลายน้ำ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การเตรียมวัตถุดิบสำหรับผสมอาหาร ได้แก่ กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลาช่อน ปลาป่น เปลือกหอยป่น ไขมันสัตว์ ไคโอ แคลเซียม เกลือ โซลีน และฟอสฟอรัส ส่วนการเตรียมไบโชนาผงจะเก็บเกี่ยวใบและลำต้นที่ยังอ่อนของต้นไชนา นำไปตากแดดประมาณ 3 วันจนแห้งสนิทและนำไปบดให้ละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร (ใช้เครื่อง Cyeteck Mill, Taeater, Sweden) นำผงไบโชนาที่ได้มาผสมกับวัตถุดิบไว้ที่เตรียมในปริมาณต่าง ๆ แล้วนำมาผสมจนได้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วบรรจุใส่กระสอบ สำหรับความต้องการอาหารไก่ที่ใช้คำนวณสูตรอาหาร ใช้มาตรฐานความต้องการอาหารไก่ของมาตรฐานอาหารสัตว์สหรัฐอเมริกา The National Research Council ; NRC (1984)

การเตรียมพื้นที่ในการเลี้ยงไก่ตะเภาแก้ว จำนวน 24 คอก ทำความสะอาด ถาดน้ำ ถาดอาหารและฆ่าเชื้อบริเวณคอก ก่อนเข้าการทดลองนำสัตว์ทดลองมาปรับอาหารใช้ระยะเวลา 7 วัน และได้รับวัคซีนนิวคลีโอซิส การให้อาหารจัดทำแบบข้อมูลการให้อาหารบันทึกประจำวัน และตารางการชั่งน้ำหนักไก่ประจำทุก 2 สัปดาห์ สัตว์ทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ระยะปรับอาหารสัตว์ทดลอง (Preliminary period) ลูกไก่ตะเภาแก้วอายุ 2 สัปดาห์และ 4 สัปดาห์จะได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ตลอดการทดลองและก่อนเริ่มทดลองจะชั่งอาหารและน้ำหนักก่อนการทำการทดลอง และระยะทดลอง

(Experimental period) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง แต่ละกลุ่มจะมีลูกไก่อายุ 2 สัปดาห์และ 4 สัปดาห์ ทดลองใช้เวลา 8 สัปดาห์ จะชั่งน้ำหนักไก่ทุก ๆ 2 สัปดาห์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

บันทึกปริมาณการกินได้ของอาหาร โดยชั่งน้ำหนักอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทุกเช้าของวัน ทำการบันทึก และชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์ โดยการเก็บน้ำหนักของไก่แต่ละตัวในระหว่างการทดลองทุก ๆ กลุ่มการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Gain; ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio; FCR) และวันสุดท้ายของงานทดลองสุ่มตัวอย่างไก่ 8 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 6 ตัว ทั้งหมด 48 ตัว จากนั้นนำมาชำแหละด้วยวิธีสากลเพื่อวัดน้ำหนักซากวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติโดย ตามแผนงานทดลองแบบ 2X4 Factorial in Completely Randomized Design และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SAS v9.1)

ผลการวิจัย

การกินได้และการเจริญเติบโตไก่ตะเภาแก้ว

องค์ประกอบของอาหาร 4 สูตรที่ประกอบไปด้วยวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น และมีองค์ประกอบของผงไขยา ที่ระดับ 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยโภชนะของอาหารทดลอง สอดคล้องกับ NRC (1984) ซึ่งรายงานว่า ไก่พื้นเมืองมีความต้องการระดับโปรตีน 21 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2,900 กิโลแคลอรี และมีเยื่อใยไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยจากงานทดลองพบว่าน้ำหนักไก่เริ่มต้นของไก่กลุ่มที่ 1 ต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ 2 อย่างไรก็ตาม น้ำหนักสุดท้ายและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตลอดงานทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับ สมุน และคณะ (2531) รายงานว่า การใช้ใบกระถินป่นในสูตรอาหารไก่พื้นเมืองที่ระดับ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโตตลอดงานทดลอง ในส่วนของการกินได้ตลอดงานทดลองของไก่กลุ่มที่ 2 สูงกว่ากลุ่มที่ 1 ($p<0.05$) เนื่องจากไก่กลุ่ม A1 เป็นไก่กลุ่มที่มีอายุน้อยกว่ากลุ่ม A2 จึงมีปริมาณการกินได้ต่ำกว่า นอกจากนี้ทั้ง 2 กลุ่ม และกลุ่มอาหารทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) จะเห็นได้ว่าการใช้ผงไขยาสามารถใช้ได้ในสูตรอาหาร โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตเนื่องจากปริมาณเยื่อใยในสูตรอาหารอยู่ในระดับไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ Franco et al. (2002) เสริมผงไขยาในไก่เนื้อที่ระดับ 350 กรัมในอาหาร ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้และการเจริญเติบโต โดยอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ไม่มีผลกระทบกับการใช้ระดับผงไขยาในสูตรอาหาร อย่างไรก็ตามต้นทุนค่าอาหารเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของไก่กลุ่มที่ 1 ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไก่กลุ่มที่ 2 สูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$) โดย จารุณี และคณะ (2561) ศึกษาการใช้พืชสมุนไพรไทยที่มีองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ไก่เบตงและไก่ประดู่หางดำไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก โดย ยศพน และคณะ (2562) ศึกษาผลการเสริมใบหม่อนหมักในอาหารไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำระยะรุ่น ที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่ส่งผลต่อการกินได้และอัตราการเจริญเติบโต ในขณะเดียวกัน การเสริมเยื่อในลำต้นสาคุในอาหารต่อ สมรรถภาพการผลิตของไก่พื้นเมือง ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร มีผลทำให้มีสมรรถภาพการผลิต น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหาร และไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน (เปลื้อง และคณะ, 2557)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของอาหารทดลอง

รายการ	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4
วัตถุดิบอาหาร (%)				
ปลายข้าว	40.0	40.0	40.0	40.0
ข้าวโพดบด	11.3	9.7	7.9	5.7
รำละเอียด	10.0	10.0	8.0	7.0
ผงไชยา	0.0	5.0	10.0	15.0
กากถั่วเหลือง	25.7	20.3	18.0	18.0
ปลาป่น(55%)	8.0	10.0	10.0	8.0
ไขมันสัตว์	1.0	1.0	2.0	2.0
เปลือกหอยปูน	2.0	2.0	2.0	2.0
ไคแคลเซียม	0.9	0.7	1.0	1.0
เกลือ	0.3	0.5	0.3	0.5
L-ไลซีน	0.3	0.3	0.3	0.3
พรีมิกซ์	0.5	0.5	0.5	0.5
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0
คุณค่าทางโภชนา (%)				
โปรตีน	21.0	21.0	21.0	21.0
พลังงาน (Mcal)	2,956.9	2,943.8	2964.6	2,909.5
ความชื้น	11.4	11.7	11.6	11.7
เยื่อใย	3.5	3.6	3.9	4.1

ตารางที่ 2 การใช้ผงไขยาในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่ตะเภาแก้ว

รายการ	A1				A2				SEM	p-value		
	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4		A	B	A×B
น้ำหนักตัวไก่เริ่มต้น (กรัม/ตัว)	185.7	195.8	199.6	199.3	343.1	365.7	413.8	373.7	2.321	0.001	0.304	0.317
น้ำหนักตัวไก่สุดท้าย (กรัม/ตัว)	1071.2	1138.7	1174.9	1190.5	1340.1	1349.0	1426.9	1278.0	5.274	0.001	0.287	0.267
น้ำหนักตัวไก่ที่เพิ่มตลอดงานทดลอง (กรัม/ตัว)	885.5	943.0	975.3	991.2	997.1	983.3	1013.1	904.3	4.879	0.283	0.620	0.107
ปริมาณการกินได้ตลอดงานทดลอง (กรัม/ตัว/วัน)	61.5 ^a	57.3 ^b	59.0 ^b	62.9 ^a	64.6 ^a	67.2 ^a	71.5 ^b	68.6 ^{ab}	4.465	0.001	0.037	0.039
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน; ADG (กรัม/ตัว/วัน)	15.8	16.8	17.4	17.1	18.2	17.6	18.2	16.2	0.217	0.283	0.618	0.107
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ; FCR	4.6	4.6	4.5	4.7	4.6	5.3	6.4	5.6	0.145	0.045	0.378	0.414
ต้นทุนค่าอาหารเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว 1 กก. (บาท); FCG	64.6 ^a	62.7 ^a	61.8 ^a	61.2 ^b	64.6 ^a	73.5 ^a	87.2 ^b	72.8 ^a	0.251	0.001	0.021	0.285

หมายเหตุ ^a ^b และ ^c ที่กำกับอยู่ในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), SEM = Standard Error of Mean, A1=ไก่กลุ่ม 1, A2=ไก่กลุ่ม 2, B1=อาหารสูตรควบคุม, B2=อาหารผสมผงไขยา ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์, B3=อาหารผสมผงไขยา ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์, B4=อาหารผสมผงไขยา ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 การใช้ผงไชยาในสูตรอาหารต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว

รายการ	A1				A2				SEM	p-value		
	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4		A	B	AxB
เปอร์เซ็นต์ซาก	64.5	65.2	63.2	64.1	67.8	67.2	62.4	66.8	0.522	0.127	0.426	0.805
เปอร์เซ็นต์ปีกบน	8.0	7.5	8.1	7.7	7.4	6.9	7.6	7.8	0.211	0.004	0.066	0.154
เปอร์เซ็นต์ปีกล่าง	6.6 ^b	7.4 ^{ab}	7.5 ^{ab}	8.2 ^a	7.5 ^a	6.6 ^b	8.2 ^a	6.3 ^b	0.271	0.080	0.049	0.534
เปอร์เซ็นต์สันนอก	14.3	15.4	16.3	15.0	15.1	17.1	15.2	14.2	0.427	0.132	0.441	0.490
เปอร์เซ็นต์สันใน	4.4	4.9	4.8	4.7	5.1	5.1	5.3	4.7	0.301	0.110	0.139	0.891
เปอร์เซ็นต์สะโพก	17.7	17.6	19.1	18.2	16.9	17.5	17.8	17.7	0.409	0.105	0.852	0.692
เปอร์เซ็นต์เนื้อหนัง	18.7	17.9	17.3	18.1	16.9	17.1	18.7	18.7	0.325	0.076	0.444	0.337
เปอร์เซ็นต์โครง	30.4	27.0	29.3	28.8	31.2	29.7	27.2	30.6	0.219	0.058	0.071	0.815
เปอร์เซ็นต์หัวและคอ	10.5	10.0	10.5	10.4	11.0	9.3	8.8	9.6	0.532	0.182	0.373	0.436
เปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม	11.4	12.1	13.1	13.3	12.8	11.3	12.2	12.2	0.445	0.096	0.078	0.567
เปอร์เซ็นต์แข้ง	5.1	4.5	4.8	4.4	4.3	4.2	3.9	4.7	0.321	0.450	0.391	0.245
เปอร์เซ็นต์เลือด	1.8	2.5	1.8	2.0	2.5	2.0	2.2	2.3	0.183	0.108	0.930	0.150

หมายเหตุ ^a ^b และ ^c ที่กำกับอยู่ในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), SEM = Standard Error of Mean, A1=ไก่กลุ่ม 1, A2=ไก่กลุ่ม 2, B1=อาหารสูตร

ควบคุม, B2=อาหารผสมผงไชยา ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์, B3=อาหารผสมผงไชยา ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์, B4=อาหารผสมผงไชยา ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากในไก่ตะเภาแก้ว

การใช้ผงไขยาในสูตรอาหารไก่ต่อเปอร์เซ็นต์ซาก ปีกบน สันนอก สันใน สะโพก ไครง เครื่องในรวม เนื้อน่อง หัวและคอ แข้ง และเลือด พบว่า ไม่มีผลกระทบของไก่ที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตรและไก่ทั้ง 2 กลุ่ม ($p>0.05$) เปอร์เซ็นต์ปีกบนของไก่กลุ่มที่ 1 สูงกว่ากลุ่มที่ 2 และปัจจัยด้านอาหารมีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมผงไขยาในสูตรอาหาร ในขณะเดียวกัน ไม่มีผลกระทบกับเปอร์เซ็นต์ปีกบนของไก่ทั้งสองกลุ่มแต่ส่งผลต่อกลุ่มอาหารซึ่งทำให้มีค่าสูงขึ้นในกลุ่มอาหารที่เสริมไขยาในสูตรอาหาร ($p<0.05$) สอดคล้องกับ ไพโชค (2556) ศึกษาการใช้ดอกหางนกยูงในสูตรอาหารไก่เนื้ออายุ 4-6 สัปดาห์ ที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักสะโพกและเนื้อหน้าอก แต่ทำให้น้ำหนักซากและเปอร์เซ็นต์ซากลดลง ในขณะเดียวกัน การใช้ไขมันสำหรับหลังบดทดแทนการถั่วเหลืองในสูตรอาหารไก่พื้นเมืองไทย ที่ระดับ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักมีชีวิต และน้ำหนักซาก (สุเมธ และสมคิด, 2547) ซึ่งเกิดจากปริมาณเยื่อใยในสูตรอาหารไก่ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม Sadeghi et al. (2015) รายงานว่า ชนิดของเยื่อใยในอาหารไก่มีผลต่อการพัฒนาของสรีระทางเดินอาหาร ฮอร์โมน และเปอร์เซ็นต์ซาก ให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่เมื่อได้รับในปริมาณที่สูงทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง และมีน้ำหนักมีชีวิตที่ลดลง

บทสรุป

การใช้ผงไขยาในสูตรอาหารไก่ตะเภาแก้วที่ระดับ 5-10 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ไม่ส่งผลต่อการกินได้ การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และเปอร์เซ็นต์ซาก อย่างไรก็ตามไก่กลุ่มอายุที่เริ่มงานทดลองมากกว่ามีต้นทุนการผลิตสูงกว่าและใช้อาหารมากกว่า โดยงานทดลองนี้แนะนำให้เลี้ยงไก่พื้นเมืองให้มีระยะเวลาในการเลี้ยง 10 สัปดาห์ เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว โดยใช้วัตถุดิบอาหารที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ วิทยาเขตสุรินทร์ ซึ่งได้อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กฤติยา ไชยนอก. (2562). คำนวณเม็กซีโก ต้นไม้แสนอร่อย. สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2563. เข้าถึงได้จาก <http://lokilub.blogspot.com>
- จารุณี หนูละออง, บุคอรื มะตูแวก, เกตวรรณ บุญเทพ และสุวรรณา ทองดอนคำ. (2561). รายงานวิจัยผลของการใช้ สมุนไพรไทยบางอย่างต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
- ไพโชค ปัญญา (2556) ผลของการเสริมดอกหางนกยูงฝรั่งในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิและคุณภาพซากของไก่เนื้อ ในช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 21(ฉบับพิเศษ 6): 520-525.
- เปลื้อง บุญแก้ว, อัจฉรา นิยมเดชา, และมงคล คงเสน. (2557) การเสริมเยื่อใยในสาหร่ายในอาหารที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิของไก่พื้นเมือง. แก่นเกษตร. 42(ฉบับพิเศษ 2): 385-389.

- สุบรรณ ฝอยกลาง, ศรีัญญา ม่วงทิพย์มัลย์, ตะวัน คัมภีร์, จุฑารักษ์ กิตติยานุภาพ, ชุตติกาญจน์ ศรทองแดง, เมธา วรณพัฒน์, อานนท์ ประเสริฐ และอนุสรณ์ เชิดทอง. (2562). ผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยใบชายับต่อ จลนศาสตร์การผลิตแก๊สความสามารถในการย่อยได้และกระบวนการหมักโดยใช้เทคนิคการผลิตแก๊สในหลอด ทดลอง. แก่นเกษตร. 47(ฉบับพิเศษ 2): 257-262.
- สุนน โพธิ์จันทร์, ประเสริฐ โพธิ์จันทร์ และเสาวคนธ์ โรจนสถิตย์. (2531). รายงานผลการใช้ใบกระถินแห้งแทนแหล่งอาหาร โปรตีนในไก่พื้นเมือง. ค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2563. http://nutrition.dld.go.th/Research_full/2531/R3102.pdf
- Babalola J.O. and Alabi O.O. (2015). Effect of processing methods on nutritional composition, phytochemicals, and antinutrient properties of chaya leaf (*Cnidocolus aconitifolius*). African Journal of Food Science. 9(12): 560-565.
- Franco L.S., McNab J.M., Pearson R.A. and Casso R.B. (2002). Performance of broilers fed on diets containing different amounts of chaya (*Cnidocolus aconitifolius*) leaf meal. Tropical Animal Health and Production. 34: 257-269.
- National Research Council. (1984). Nutrient Requirements of Poultry: Eighth Revised Edition, 1984. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19397>.
- Sadeghi A., Toghyani M. and Gheisari A. (2015) Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. Poultry Science. 94: 2734-2743.

- A simulated annealing algorithm for packing problem
Penpark Sirimark, Thawatchai Boontan, Akkharaphong Wongphat, Pongpan Boonsan and Sanchai Yotmanee
- Diversity and traditional utilization of the genus *Kaempferia* (Zingiberaceae) in Maha Sarakham Province
Surapon Saensouk, Piyaporn Saensouk and Areerat Ragsasilp
- Improving growth performance of Babary ducks by using autolysis yeast supplemented in the diet
Nirut Phansri and Chayapol Meeprom
- Efficacies of dried indian almond leave (*Terminalia catappa*) nees extract for regeneration Goldfish (*Carassius auratus*) fin
Thawatchai Ngamsiri and Apiwat Laumsomboon
- Optimal feed types for cost reductions of African catfish culture in In-land based cages
Mek Maklon, Krittima Kasamawut and Samnao Saowakoon
- Performance testing of barometer sensor in smartphone for liquid pressure measurement
Chat Teeka, Sutus Janbuala, Yuttana Pimtong-ngam and Wittha Chimphee
- Effect of substitute with phoenix mushroom to physical-chemical quality of Sai Aua Kob product
Nittaya Phungam, Natwalinkhol Settapramote, Kraiwit Maikhamun and Wanida Yindeeram
- Development of bed forming machine with water drip tape and plastic mulch layer
Nirattisak Khongthon, Lakkana Pitak, Pathinya Sakeaw, Nutthapol Sokudlor, Peeranat Aunsure, Kittipong Laloan and Nisanath Keawwinud
- Effect of substitution with *Irvingia malayana* flour for wheat flour on quality on cupcake product
Natwalinkhol Settapramote, Nittaya Phungam, Wiparat Luckason and Orawan Yindeeram
- The use of Chaya leaf powder in feed diet on growth performance and carcass weight in Tapao Kaew chicken
Permsin Suriyapantree, Srey Touch Ratha, Peerakool Anuchanurak, Supha Sriyongyot, Thiwakorn Ampapon