



ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 15 เล่มที่ 1 (Volume 15 Number 1)
มกราคม - มิถุนายน 2564 (January - June 2021)

วารสารวิชาการเผยแพร่ความรู้

เทคโนโลยีและส่งเสริมกิจกรรมทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

ทั้งเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

จัดทำโดย

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
Journal of Fisheries Technology Research
ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

ผู้จัดทำ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ที่ปรึกษา อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

หัวหน้ากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุญ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มั่นทะจิตร	มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลำเนาวัล เสาวกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เลขากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมณัส มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง (ISSN 1905-7393) เป็นวารสารของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคมและกรกฎาคม) ของทุกปี โดยมีนโยบายเพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความทางวิชาการ ด้านเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำให้แก่องค์กรที่เกี่ยวข้องทั่วประเทศ

ติดต่อสำนักงานกองบรรณาธิการ

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

โทร. 053 875 100 – 2 โทรสาร. 053 875 130

อีเมลล์: jfishtech.mju@gmail.com

เว็บไซต์: http://http://www.fishtech.mju.ac.th/WEB/Journal_FT/main/index.php

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
Journal of Fisheries Technology Research

ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2564

ISSN 1905-7393

ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงเป็นวารสารวิชาการ
และเป็นลิขสิทธิ์ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1.เผยแพร่ความรู้และผลงานทางวิชาการ โดยเน้นผลงานจากการวิจัยทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ทั้งเชิงเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม
- 2.เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการเชิงสร้างสรรค์
- 3.ส่งเสริมอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดเทคโนโลยี เผยแพร่และบริการด้านวิชาการแก่สังคม

ขอคิดเห็นที่ปรากฏและแสดงในเนื้อหาบทความต่างๆ ในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
ถือเป็นความเห็นและความรับผิดชอบโดยตรงของผู้เขียนโดยเฉพาะ ไม่จำเป็นต้องสอดคล้อง
กับทัศนคติของคณะผู้จัดทำ และมิใช่ความรับผิดชอบของคณะเทคโนโลยีการประมงและ
ทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้ประสงค์จะนำข้อความใดๆ ไปพิมพ์เผยแพร่ต่อต้องได้รับ
อนุญาตจากวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงและผู้เขียนตามกฎหมายว่าด้วยลิขสิทธิ์

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ISSN 1905-7393 (print) และ ISSN 2730-146X (online) เป็นวารสารของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคมและกรกฎาคม) ของทุกปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการนำเสนอผลงานวิชาการให้กับนักวิจัย นักศึกษา บุคลากรเพื่อการเผยแพร่ข้อมูลนวัตกรรมและองค์ความรู้เชิงวิชาการระหว่างนักวิจัย นักวิชาการกับผู้ใช้ประโยชน์ทุกภาคส่วน เช่น เกษตรกร ภาคเอกชนและผู้สนใจ

วารสารฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาที่หลากหลายตอบโจทย์โมเดลเศรษฐกิจใหม่ หรือ (Bio-Circular-Green Economy, BCG) เช่น การใช้เศษเหลือกระบวนการผลิตน้ำมันปลาและการใช้ยีสต์จากน้ำทิ้งโรงงานขนมจีนมาผสมในอาหารสัตว์น้ำ เพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดของเสีย ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงแบบไบโอฟลอคเพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร ลดการปล่อยน้ำเสียลงสู่สิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์เครือข่ายห่วงโซ่คุณค่าของปลาก้าง การประยุกต์ใช้แบบจำลองการวิเคราะห์เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตและความสามารถในการทำกำไรสำหรับการเลี้ยงปูม้า ความหลากหลายชนิดของปลาในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขา ผลกระทบของการประมงต่อประชาคมสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ ปิดท้ายด้วยปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงาน: กรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาธุรกิจกุ้งขนาดเล็ก

ในนามคณะกรรมการกองบรรณาธิการฯ ต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้เขียนผลงาน คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณาผลงาน คณะกรรมการวิชาการของคณะฯ และผู้ประสานงาน ในนามตัวแทนกองบรรณาธิการและกรรมการท่านอื่น ๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้หมด ตลอดจนผู้ให้การสนับสนุนจากหลายฝ่ายด้วยกัน ที่สามารถเป็นการส่งเสริมคุณภาพวารสารและดำเนินการจนทำให้วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงฉบับนี้ เป็นวารสารวิชาการเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลวารสาร ASEAN Citation Index (ACI) ทำให้สามารถสืบค้นบทความได้จาก <http://www.asean-cites.org/> และระบบฐานข้อมูลวารสารไทย ที่สามารถสืบค้นได้จากหน้าเว็บไซต์วารสารที่ http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/Journal_FT หรือเว็บไซต์ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทยที่ <http://tci/trf.or.th> นำไปสู่การส่งเสริมคุณภาพวารสารและเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่ดีมีคุณภาพในวารสาร ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าต่อการนำเสนอประโยชน์ต่อการศึกษาด้านวิชาการและวงการวิชาชีพด้านการประมงและทรัพยากรทางน้ำได้อย่างมั่นคงต่อไป

กองบรรณาธิการ

ผลการเสริมคอเลสเตอรอลร่วมกับ β -cyclodextrin จากเศษเหลือกระบวนการผลิตน้ำมันปลาในอาหารต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม

(*Macrobrachium rosenbergii*)

Effect of Cholesterol and β -cyclodextrin complexed from Waste of Fish Oil

Production Supplemented diet on Growth Performances in Giant Freshwater

Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)

อิงอร เฮงพัฒนาพงศ์¹ วันชัย วรวัฒนเมธีกุล^{1*} และอรพินท์ จินตสภาพร²

Engorn Hengpattanapong¹, Wanchai Worawattanamateekul^{1*} and Orapint Jintasataporn²

¹ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Pahol Yothin Road,

Chatuchak, Bangkok 10900

²ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

²Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Pahol Yothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author: ffwswcw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของการเสริมคอเลสเตอรอลร่วมกับ β -cyclodextrin จากเศษเหลือกระบวนการผลิตน้ำมันปลาในอาหารต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) (น้ำหนักเริ่มต้น 20.72 ± 3.75 กรัม/ตัว) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยมี 4 ชุดการทดลอง การทดลองละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัวอย่าง ได้แก่ ชุดที่ 1 คือ ชุดควบคุม, ชุดที่ 2 คือ เสริม β -cyclodextrin บริสุทธิ์ 0.15%, ชุดที่ 3 คือ เสริมคอเลสเตอรอลบริสุทธิ์ 0.15% และชุดที่ 4 คือ เสริมคอเลสเตอรอลในรูปของ β -cyclodextrin จับกับคอเลสเตอรอล 0.15% (ปริมาณคอเลสเตอรอล 53.48 ± 3.15 และ 51.62 ± 1.22 มิลลิกรัม ตามลำดับ) ให้อาหารแต่ละชุดทดลองปริมาณ 3% ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 3 เดือนต่อวัน ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง, น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มต่อวัน, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ, อัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก คือ 28.26 - 31.98 กรัม/ตัว, 0.28 - 0.40 กรัม/วัน, 1.17% - 1.53% ต่อวัน, 1.75 - 2.62 และ 46.86% - 64.86% ตามลำดับ โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าอัตราการเจริญเติบโต ($p > 0.05$) ส่วนกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองชุดที่ 4 คือ อาหารที่เสริมคอเลสเตอรอลในรูปของ β -cyclodextrin จับกับคอเลสเตอรอล 0.15% มีอัตราการรอดใกล้เคียงกับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองชุดที่ 3 ซึ่งเสริมคอเลสเตอรอลบริสุทธิ์ในปริมาณเท่ากัน โดยมีอัตราการรอด 80% และ 70% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารชุดที่ 1 และชุดที่ 2 จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมคอเลสเตอรอลในรูปของ β -cyclodextrin จับกับคอเลสเตอรอล 0.15% ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามเมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

คำสำคัญ: กุ้งก้ามกราม, เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน-คอเลสเตอรอลเชิงซ้อน, การเจริญเติบโต

Abstract

The effects of cholesterol and β -cyclodextrin complexed from waste of fish oil production supplemented diet on growth performances in Giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) were investigated. Prawns (The initial weight was 20.72 ± 3.75 g) were assigned in CRD with 4 treatments (T1-T4) and 10 replicates, 1 sample per replicate. The experimental diets included 1) The control diet, 2) The diet had 0.15% of purified β -cyclodextrin, 3) The diet had 0.15% of purified cholesterol, and 4) The diet had 0.15% of Cholesterol and β -cyclodextrin complexed (The cholesterol contents were 53.48 ± 3.15 mg and 51.62 ± 1.22 mg, respectively). Prawns were fed at 3% of feeding rate per body weight, with 3 times per day and the experimental period was 4 weeks. The result showed that Giant freshwater prawns in T1-T4 groups presented the final weight, average daily gain, specific growth rate, feed conversion rate and feed conversion efficiency were 28.26-31.98 g/prawn, 0.28-0.40 g/day, 1.17%-1.53% per day, 1.75-2.62 and 46.86%-64.86%, respectively and were not significantly different ($p > 0.05$). The Giant freshwater prawns in T4 group that fed the diet had 0.15% of Cholesterol and β -cyclodextrin complexed were found the survival rate was closely to the prawns in T3 group that fed the diet had 0.15% of purified cholesterol (The survival rates were 80% and 70%, respectively) compared with the Giant freshwater prawns in T1 and T2 group. The experimental showed the diet had 0.15% cholesterol and β -cyclodextrin complexed supplemented that was not affected on growth performances in Giant freshwater prawns that were fed for 4 weeks.

Keywords: Giant freshwater prawn, β cd-cholesterol complex, Growth performance

คำนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนับว่าเป็นผลผลิตหลักในด้านการส่งออกสินค้าของประเทศไทยอย่างหนึ่ง เนื่องจากปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำในธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยการจับสัตว์น้ำจากธรรมชาติเริ่มมีแนวโน้มลดลงมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตระหว่างปี พ.ศ. 2534-2561 ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 1.78 ต่อปี (Fisheries Economics Division, 2018) เป็นผลให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญและได้รับการพัฒนามากขึ้นตามลำดับ (Srithongterm, 2014) โดยข้อมูลสถานการณ์การผลิตสัตว์น้ำในปี พ.ศ. 2560 ผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประมาณ 552,070 ตัน คิดเป็นร้อยละ 22.70 และจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประมาณ 414,050 ตัน คิดเป็นร้อยละ 17.03 ของผลผลิตรวม และในปี พ.ศ. 2558 การเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมีผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.14 ชนิดสัตว์น้ำที่สำคัญซึ่งมีผลผลิตรวมกันกว่าร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งหมด ได้แก่ ปลานิล ปลาดุก ปลาตะเพียน ปลาสลิด ปลาสวาย ปลาช่อน และกุ้งก้ามกราม (Fisheries Economics Division, 2018)

กุ้งก้ามกราม (Giant Freshwater Prawn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Macrobrachium rosenbergii* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบได้ตามแหล่งน้ำจืดและน้ำกร่อย กุ้งก้ามกรามเป็นกุ้งที่ได้รับความนิยมในการนำมาเพาะพันธุ์เป็นสัตว์เศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำจืดจึงทำให้สามารถเพาะพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี เป็นที่ต้องการของตลาดทำให้มีราคาค่อนข้างสูง จึงเป็นอาชีพที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรได้ดี แต่การที่จะเพาะพันธุ์กุ้งก้ามกรามให้ประสบผลสำเร็จนั้นต้องอาศัยทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์ และเนื่องจากเทคนิคการเพาะพันธุ์ของฟาร์มแต่ละแห่งอาจแตกต่างกัน ทำให้ต้นทุนในการผลิตแตกต่างกันไปด้วย พอสรุปได้ว่าต้นทุนกว่า 50 เปอร์เซ็นต์นั้นหมดไปกับอาหาร (Sermwatanakul *et al.*, 2005) ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประเภท Crustaceans เช่น สัตว์จำพวก กุ้ง กั้ง และปู คือ ไม่สามารถสังเคราะห์คอเลสเตอรอลได้เอง (Whitney, 1970) จึงจำเป็นที่สัตว์นั้นจะต้องได้รับจากอาหาร คอเลสเตอรอลเป็นส่วนประกอบของ Cell membrane และเป็นสารตั้งต้นสำหรับสารจำพวก Steroid ที่ต้องการเพื่อนำไปสร้างเป็นฮอร์โมนเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต สืบพันธุ์ และช่วยเสริมอัตราการรอดในช่วงการลอกคราบ (D'Abramo *et al.*, 1984) ซึ่งแหล่งคอเลสเตอรอลหลักที่กุ้งมักจะได้รับนั้นส่วนใหญ่มาจากน้ำมันปลาหรือไขมันจากสัตว์น้ำ (Akiyama *et al.*, 1992)

ในปัจจุบันทั้งโรงงานอุตสาหกรรมอาหารกุ้ง หรือ ฟาร์มเอกชนต่าง ๆ สนใจที่จะมีการเสริมคอเลสเตอรอลบริสุทธิ์ลงในอาหารกุ้งมากขึ้น แต่ต้องประสบกับต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นตามมาด้วยเช่นกัน เนื่องจากคอเลสเตอรอลบริสุทธิ์ที่นำมาใช้นั้นมีราคาที่ค่อนข้างสูง (Coutteau *et al.*, 2002) จึงได้มีแนวคิดที่จะนำคอเลสเตอรอลที่สกัดออกมาจากผลิตภัณฑ์อาหารของมนุษย์มาใช้เป็นวัตถุดิบเสริมในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากปริมาณคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารในมนุษย์นั้นไม่ค่อยเป็นที่ต้องการในการบริโภคมากนัก เพราะคอเลสเตอรอลเป็นสาเหตุหนึ่งในการทำให้ร่างกายเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ ถ้าระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายมีมากเกินไป เช่น โรคหลอดเลือดอุดตัน โรคหัวใจ และสมองขาดเลือด อาจเป็นอันตรายถึงชีวิต (Kinsella, 1987) ปัจจุบันจึงมีการใช้สารดูดซับ (Absorbent) เช่น β -cyclodextrin มาใช้ในการลดคอเลสเตอรอลในอาหาร เนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ไม่มีพิษ และเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมรวมทั้งมีสมบัติในการกักเก็บ หรือดักจับสารบางอย่างที่ไม่ต้องการได้เป็นอย่างดี (Tangwichai *et al.*, 2017)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำคอเลสเตอรอลที่เป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมอาหารมนุษย์มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารกุ้งก้ามกราม เพื่อเสริมสารอาหารที่ต้องการลงในอาหารสัตว์น้ำ เพื่อเป็นการลดต้นทุน และเป็นการนำเศษเหลือกลับมาใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สัตว์ทดลอง

กึ่งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) เพศผู้ อายุ 4 เดือน น้ำหนักเริ่มต้น 20.72 ± 3.75 กรัมต่อตัว จำนวน 40 ตัว จากฟาร์มเอกชน อ. ดอนตูม จ. นครปฐม

2. อาหารทดลอง

สูตรอาหารสำหรับเลี้ยงกึ่งก้ามกรามมีทั้งหมด 4 สูตร ประกอบไปด้วยวัตถุดิบที่เหมือนกันทั้ง 4 สูตร (Chittapalapong, 2014) ตามตารางที่ 1 (Table 1) แตกต่างกันที่คอเลสเตอรอลที่เสริมในแต่ละชุดการทดลองดังนี้

2.1 สูตรที่ 1 คือ ชุดควบคุม

2.2 สูตรที่ 2 คือ อาหารเสริม β -cyclodextrin บริสุทธิ์ 0.15 เปอร์เซ็นต์

2.3 สูตรที่ 3 คือ อาหารเสริมคอเลสเตอรอลบริสุทธิ์ 0.15 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาณคอเลสเตอรอล 53.48 ± 3.15 มิลลิกรัม)

2.4 สูตรที่ 4 คือ อาหารเสริมคอเลสเตอรอลที่ได้จากเศษเหลือในกระบวนการลดคอเลสเตอรอลจากน้ำมันปลาสด (ในรูปของ β -cyclodextrin จับกับคอเลสเตอรอล) 0.15 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาณคอเลสเตอรอล 51.62 ± 1.22 มิลลิกรัม)

Table 1 Feed ingredients of experimental diets

Ingredients	Diet (%)			
	Treatment1 (Ctrl) (Chol-)	Treatment2 (Chol-)	Treatment3 (Chol+)	Treatment4 (Chol+)
Soybean meal (47% protein)	10	10	10	10
Fish meal (58% protein)	10	10	10	10
Rice bran	25	25	25	25
Broken-milled rice	25	25	25	25
Shrimp shell	25	25	25	25
Fish oil	3	3	3	3
Cholesterol (99% purity)	0	0	0.15	0
β cd-Cholesterol complex	0	0	0	0.15
β -cyclodextrin (98% purity)	0	0.15	0	0
Binder	2	1.85	1.85	1.85
Total	100	100	100	100

นำตัวอย่างอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ดังนี้ ปริมาณความชื้น
 วัดได้จาก A.O.A.C. (2006) 950.46 ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl วัดได้จาก A.O.A.C. (2006)
 928.08 ปริมาณไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction วัดได้จาก A.O.A.C. (2006) 960.39 ปริมาณเถ้า วัดได้
 จาก A.O.A.C. (2006) 920.153 ปริมาณและองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยเทคนิค Gas chromatography
 วัดได้จาก A.O.A.C. (2006) 991.39 และปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารทดลอง โดยเทคนิค Gas
 chromatography วัดได้จาก A.O.A.C. (2000) 994.10

3. สภาพการทดลอง

เลี้ยงกุ้งก้ามกรามในตู้กระจกขนาด 24 นิ้ว จำนวน 40 ตัว ตู้ละ 1 ตัว ด้วยน้ำจืดพร้อมให้อากาศอย่าง
 เพียงพอ ให้อาหารในแต่ละชุดการทดลองปริมาณ 3% ของน้ำหนักตัว วันละ 3 เวลา เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เก็บ
 ข้อมูลและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% ของปริมาตรทุกสัปดาห์ (Srichanchom *et al.*, 2014) และนำมาวิเคราะห์
 คุณภาพน้ำต่างๆ ดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ (Temperature) ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO)
 ปริมาณแอมโมเนีย (Total ammonia) ปริมาณไนไตรท์ (Nitrite) และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) โดยใช้
 Fresh and seawater testing kits ของ PARA Test และค่าต่าง ๆ ที่ได้จะแสดงผลตามตารางที่ 5 (Table 5)

4. แผนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลอง
 เป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 10 ซ้ำ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามต่างๆ ดังนี้

$$4.1 \text{ น้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม/ตัว) (Final weight) } = \frac{\sum w_2}{n}$$

$$4.2 \text{ น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มต่อวัน (กรัม/วัน) (Average daily gain) } = \frac{(w_2 - w_1)}{t}$$

$$4.3 \text{ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (\%/วัน) (Specific growth rate)}$$

$$= \frac{[\ln(w_2) - \ln(w_1)]}{t} \times 100$$

$$4.4 \text{ อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion rate) } = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น}}$$

$$4.5 \text{ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (\%) (Feed conversion efficiency)}$$

$$= \frac{\text{น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}} \times 100$$

$$4.6 \text{ อัตราการรอด (\%) (Survival rate) } = \frac{\text{จำนวนกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนกุ้งเริ่มต้น}} \times 100$$

โดย

$$w_1 = \text{น้ำหนักกุ้งเริ่มต้น (กรัม)}$$

$$w_2 = \text{น้ำหนักกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)}$$

$$n = \text{จำนวนกุ้ง (ตัว)}$$

$$t = \text{ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)}$$

$$\ln = \text{natural logarithm}$$

$$\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม)} = \frac{[(n \times w1 \times t) \times \text{อัตราการให้อาหาร (\%)}]}{1000}$$

$$\text{น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)} = \frac{[(w2-w1) \times n]}{1000}$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลต่างๆมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยเทคนิค ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics 17.0

ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีและระดับคอเลสเตอรอลของอาหารทดลอง

อาหารทดลองทั้ง 4 สูตรมีองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ดังนี้ ความชื้น 6.09-7.67 เปอร์เซ็นต์, โปรตีน 33.16-33.69 เปอร์เซ็นต์, ไขมัน 8.27-8.58 เปอร์เซ็นต์, เถ้า 8.67-9.21 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณคอเลสเตอรอล 40.33-114.83 มิลลิกรัม/100 กรัม (Table 2) โดยที่ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในอาหารทดลองประกอบไปด้วย กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) 30.63-33.26 เปอร์เซ็นต์ โดยพบกรดปาล์มติก (C16:0) มากที่สุด, กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) 38.58-39.30 เปอร์เซ็นต์ โดยพบกรดโอเลอิก (C18:1n9) มากที่สุด และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) 26.18-28.97 เปอร์เซ็นต์ โดยพบกรดไลโนเลอิก (C18:2n6) มากที่สุด และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนชนิดโอเมก้า-3 (n-3) 2.32-2.55 เปอร์เซ็นต์ โดยพบกรดไขมัน DHA (C22:6n3) มากที่สุด ตามลำดับ (Table 3)

Table 2 Proximate compositions and cholesterol content of experimental diets

Treatments	Proximate analysis				
	Moisture (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Cholesterol (mg/100g)
1 (Ctrl)	7.18±0.80 ^a	33.16±2.19 ^a	8.27±2.04 ^a	8.69±0.12 ^a	41.22±0.47 ^a
2	6.09±1.55 ^a	33.25±3.49 ^a	8.29±0.81 ^a	9.29±0.10 ^b	40.33±0.63 ^a
3	7.67±1.74 ^a	33.43±1.25 ^a	8.31±1.11 ^a	8.67±0.09 ^a	113.74±1.04 ^b
4	6.16±0.92 ^a	33.69±0.24 ^a	8.58±0.34 ^a	9.21±0.12 ^b	114.83±0.94 ^b

Mean values ± standard deviation of determinations of triplicate samples. Values with the different superscript in each column are significantly different (P<0.05).

Table 3 Fatty acid compositions of experimental diets

Fatty acid profile (%)	Treatment 1 (Ctrl)	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 4
C14:0	2.38±0.05 ^b	1.71±0.01 ^a	2.23±0.01 ^b	2.36±0.14 ^b
C16:0	25.32±0.21 ^c	24.08±0.18 ^{ab}	25.22±0.06 ^{bc}	23.49±0.77 ^a
C16:1n7	1.17±0.01 ^b	1.31±0.06 ^c	1.03±0.02 ^a	1.67±0.01 ^d
C18:0	5.55±0.19 ^{bc}	4.84±0.07 ^a	5.31±0.02 ^b	5.68±0.07 ^c
C18:1n9	35.22±0.30 ^{bc}	34.44±0.49 ^{ab}	35.38±0.06 ^c	34.00±0.01 ^a
C18:1n7	2.22±0.01 ^b	2.36±0.01 ^c	1.98±0.04 ^a	2.24±0.00 ^b
C18:2n6	21.58±0.74 ^a	24.51±0.16 ^b	23.21±0.05 ^{ab}	22.85±0.99 ^{ab}
C18:3n4	1.55±0.03 ^a	1.55±0.01 ^a	1.49±0.01 ^a	1.48±0.10 ^a
C20:1n9	0.69±0.02 ^a	0.59±0.02 ^a	0.55±0.13 ^a	0.68±0.00 ^a
C20:4n6	0.50±0.02 ^a	0.56±0.01 ^a	0.64±0.12 ^a	0.59±0.01 ^a
C20:5n3 (EPA)	0.73±0.05 ^{bc}	0.64±0.01 ^a	0.76±0.01 ^c	0.67±0.01 ^{ab}
C22:6n3 (DHA)	1.82±0.01 ^a	1.71±0.01 ^a	1.74±0.11 ^a	1.65±0.09 ^a
Sum	98.73±0.03 ^b	98.30±0.87 ^{ab}	99.54±0.13 ^b	97.37±0.01 ^a
SFA	33.26±0.45 ^c	30.63±0.24 ^a	32.76±0.05 ^{bc}	31.53±0.98 ^{ab}
MUFA	39.30±0.32 ^a	38.71±0.46 ^a	38.94±0.01 ^a	38.58±0.01 ^a
PUFA	26.18±0.80 ^a	28.97±0.17 ^b	27.84±0.17 ^{ab}	27.25±0.99 ^{ab}
Omega-3	2.55±0.04 ^b	2.35±0.01 ^a	2.50±0.11 ^{ab}	2.32±0.08 ^a

Mean values ± standard deviation of determinations of triplicate samples. Values with the different superscript in each rows are significantly different (P<0.05).

2. ผลของการเสริมคอเลสเตอรอลในอาหารทดลองต่อการเจริญเติบโตของ *M. rosenbergii*

จากการศึกษาผลของการเสริมคอเลสเตอรอลในอาหารทดลองต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร มีน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Final weight), น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มต่อวัน (Average daily gain), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate), อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion rate) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed conversion efficiency) คือ 28.26-31.98 กรัม/ตัว, 0.28-0.40 กรัม/วัน, 1.17-1.53 เปอร์เซ็นต์/วัน, 1.75-2.62 และ 46.86-64.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าอัตราการเจริญเติบโตต่างๆ (p>0.05) ส่วนกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 4 คือ อาหารที่เสริมคอเลสเตอรอลที่ได้จากเศษเหลือในกระบวนการลดคอเลสเตอรอลจากน้ำมันปลาละลายในรูปของ β -cyclodextrin จับกับคอเลสเตอรอล 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการรอด (Survival rate) ใกล้เคียงกับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 3 ซึ่งเสริมคอเลสเตอรอลบริสุทธิ์ในปริมาณเท่ากัน คือ มีอัตราการรอดระดับ 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีค่าสูงกว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และ 2 (Table 4)

Table 4 Growth performances of Giant freshwater prawn (*M. rosenbergii*) fed with different experimental diets for 4 weeks

Performances	Treatments				p-value
	1 (Ctrl)	2	3	4	
Initial weight (g/prawn)	20.47±4.00 ^a	20.76±4.09 ^a	21.45±2.89 ^a	20.18±4.32 ^a	0.897
Final weight (g/prawn)	28.42±5.76 ^a	31.98±7.23 ^a	31.96±4.93 ^a	28.26±5.42 ^a	0.301
Average daily gain (g/day)	0.28±0.11 ^a	0.40±0.16 ^a	0.38±0.15 ^a	0.29±0.13 ^a	0.154
Specific growth rate (%/day)	1.17±0.39 ^a	1.53±0.45 ^a	1.42±0.54 ^a	1.23±0.51 ^a	0.316
Feed conversion rate	2.62±1.54 ^a	1.75±0.71 ^a	2.09±1.10 ^a	2.46±1.23 ^a	0.369
Feed conversion efficiency (%)	46.86±17.32 ^a	64.86±23.35 ^a	59.80±27.34 ^a	50.61±24.89 ^a	0.312
Survival rate (%)	60	60	70	80	n/a

Mean values ± standard deviation with the same superscript in each rows are not significantly different ($P>0.05$).

n/a = not available due to the experimental unit was 1 treatment per 10 replicates, each with 1 sample.

ส่วนค่าของคุณภาพน้ำเมื่อทำการทดลองในช่วงเวลา 1-4 สัปดาห์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.95-8.79 อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23.96-27.85 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 6.31-7.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ในช่วง 0.01-0.07 ppm ปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.13-1.96 ppm และค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 95.63-161.50 ppm (Table 5) ซึ่งค่าคุณภาพน้ำต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

Table 5 Water quality during culture Giant freshwater prawn (*M. rosenbergii*) for 4 weeks

Parameters	Treatments			
	1 (Ctrl)	2	3	4
pH	8.05 - 8.67	8.00 - 8.50	7.95 - 8.79	8.05 - 8.50
Temp (°C)	24.42 - 28.07	24.52 - 27.85	24.37 - 27.84	23.96 - 27.60
DO (mg/L)	6.31 - 7.05	6.39 - 7.02	6.46 - 7.55	6.74 - 7.31
Total ammonia (ppm)	0.02 - 0.06	0.01 - 0.05	0.01 - 0.07	0.02 - 0.05
Nitrite (ppm)	0.24 - 1.96	0.13 - 1.95	0.22 - 2.28	0.16 - 1.05
Alkalinity (ppm)	102.00 - 155.83	95.63 - 158.10	97.14 - 159.80	116.88 - 161.50

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองการเสริมคอเลสเทอรอลในอาหารทดลองต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 ที่มีการเสริมคอเลสเทอรอลในปริมาณใกล้เคียงกันนั้นมีค่าอัตราการรอด (Survival rate) ที่สูงกว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 (ชุดควบคุม) และ สูตรที่ 2 ซึ่งไม่มีการเสริมคอเลสเทอรอลอยู่ 10-20 เปอร์เซ็นต์ โดยที่กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 4 คือ อาหารที่เสริมคอเลสเทอรอลที่ได้จากเศษเหลือในกระบวนการลดคอเลสเทอรอลจากน้ำมันปลาสายในรูปของ β -cyclodextrin จับกับคอเลสเทอรอล 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการรอดใกล้เคียงกับกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 3 ซึ่งเสริมคอเลสเทอรอลบริสุทธิ์ในปริมาณเท่ากัน (70 เปอร์เซ็นต์) และมีค่าสูงกว่ากุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ในขณะที่ค่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าการเสริม β -cyclodextrin บริสุทธิ์และการเสริมคอเลสเทอรอลในรูปของ β -cyclodextrin complexed ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม เนื่องจาก β -cyclodextrin เป็นสารดูดซับ (Absorbent) ที่ประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสมาเชื่อมต่อกันเป็นลักษณะวงแหวน จึงปลอดภัย เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นคือ เป็นผงแป้ง (Starch) ละเอียดสีขาว ไม่มีกลิ่น สามารถแยกออกมาได้ง่าย และสามารถดูดซับสารที่ต้องการให้อยู่ในลักษณะเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (Complexation) (Kwak *et al.*, 2011) จึงสามารถดักจับสารที่ไม่พึงประสงค์ในอุตสาหกรรมอาหารได้ เช่น กำจัดกลิ่น, สารสี หรือคอเลสเทอรอลในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เป็นต้น (Kwak *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2009; Jeong *et al.*, 2014)

คอเลสเทอรอลมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์จำพวก Crustaceans เพราะไม่สามารถสังเคราะห์คอเลสเทอรอลเองได้ (Whitney, 1970) จึงจำเป็นที่สัตว์นั้นจะต้องได้รับจากอาหาร คอเลสเทอรอลเป็นส่วนประกอบของ Cell membrane และเป็นสารตั้งต้นสำหรับสารจำพวก Steroid ที่ต้องการเพื่อนำไปสร้างเป็นฮอร์โมนเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต สืบพันธุ์ และเป็นสารอาหารสำคัญที่ช่วยเสริมอัตราการรอดในช่วงการลอกคราบ (D'Abramo *et al.*, 1984) ซึ่งแหล่งคอเลสเทอรอลหลักที่กุ้งมักจะได้รับนั้นส่วนใหญ่มาจากน้ำมันปลาหรือไขมันจากสัตว์น้ำ (Akiyama *et al.*, 1992) จากผลการวิจัยของ Morris *et al.* (2011) ได้ทำ

การทดลองเพื่อประเมินผลความต้องการคอเลสเทอรอลในอาหารทดลองกุ้งขาว (*L. vannamei*) ต่อการเจริญเติบโต โดยทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณของคอเลสเทอรอลที่เสริมลงในอาหารทดลองของกุ้งนั้นช่วงที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ 0.08-0.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลต่อน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Final weight) อัตราการเจริญเติบโต (Growth rate) และอัตราการรอด (Survival rate) ได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือ 20.20 กรัม, 1.61 กรัม/สัปดาห์ และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Coutteau (2011) ได้ทำการทดลองหาปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมคอเลสเทอรอลในอาหารทดลองของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) โดยทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 70 วัน พบว่าปริมาณคอเลสเทอรอลที่เสริมลงไปในการทดลองในช่วง 0.10-0.15 เปอร์เซ็นต์ เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง เช่น อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเป็น 1.4 กรัม/สัปดาห์ อัตราการรอดเข้าใกล้ 90 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงอัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion rate) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ($p < 0.05$) และอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยในการเพิ่มความแข็งแรงและอัตราการรอดให้กับสัตว์จำพวก Crustaceans คือกรดไขมันโอเมก้า-3 จากการศึกษพบว่ากรดไขมันโอเมก้า-3 ลงในอาหารทดลองกุ้งขาวแวนนาไม จะช่วยเพิ่มอัตราการรอดได้สูงถึง 82 เปอร์เซ็นต์ (Aiamanee et al., 2015) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้เสริมคอเลสเทอรอลที่ได้จากเศษเหลือในกระบวนการลดคอเลสเทอรอลในน้ำมันปลาสดลงในอาหารทดลอง โดยปลาสดนั้นเป็นปลาน้ำจืดที่สามารถพบกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ได้ และจากการวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของกรดไขมันพบว่ากรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในอาหารทดลองประมาณ 2.32-2.55 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) จึงคาดว่าอาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ช่วยเสริมอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามนอกเหนือจากการเสริมด้วยคอเลสเทอรอลเพียงอย่างเดียว

สรุปผล

การเสริมคอเลสเทอรอลที่ได้จากเศษเหลือในกระบวนการลดคอเลสเทอรอลจากน้ำมันปลาสดในรูปแบบของ β -cyclodextrin จับกับคอเลสเทอรอล (Complexation) ในอาหารกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) ที่ระดับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกับกุ้งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมและมีอัตราการรอดสูง โดยมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการเสริมคอเลสเทอรอลบริสุทธิ์ที่ระดับเดียวกัน โดยที่ β -cyclodextrin ไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามเมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

เอกสารอ้างอิง

- Aiamanee, N., Limsuwan, C. and Chuchird, N. 2015. Effect of Omega-3 fatty acids on Growth, Survival and Resistance to *Vibrio harveyi* infections of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Laboratory Conditions. [Online] Available from <http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/2558/KC5204015.pdf> [2019, November 10] [in Thai].
- Akiyama, D.M., Dominy, W.G. and Lawrence, A.L. 1992. Penaeid Shrimp Nutrition. In: Marine Shrimp Culture, edited by A.W. and Lester, L.J. Elsevier Science Publishing, Amsterdam. pp. 535-568.

- A.O.A.C. 2000. Official methods of analysis of AOAC International, 17th ed. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA.
- A.O.A.C. 2006. Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, Virginia.
- Chittapalapong, T. 2014. Creating a formula feed of aquatic animals and fisheries economy. Department of Fisheries. Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai].
- Coutteau, P., Peeters, J., Nur, A. and Kontara, E.K. 2002. Cholesterol Indispensable, But Not Irreplaceable in Shrimp Feeds. Global Aquaculture Alliance. Jun, 2002. 26-30.
- Coutteau, P. 2011. Trials: Digestibility Enhancer Can Offset Cholesterol Content in Shrimp Feed. Global Aquaculture Alliance. Sept - Oct, 2011. 100-101.
- D'Abramo, L.R., Bordner, C.E., Conklin, D.E. and Baum, N.A. 1984. Sterol requirement of juvenile lobsters, *Homarus* sp. Aquaculture. 42: 13-25.
- Fisheries Economics Division. 2018. The economic situation of fisheries in 2017 and 2018 trends. Fisheries Development Policy and Strategy Division. Department of Fisheries. [Online] Available from <https://www.fisheries.go.th/strategy/UserFiles/files/16-2-61.pdf> [2018, November 18] [in Thai].
- Jeong, H.J., Sun, H., Chogsom, C. and Kwak, H.S. 2014. Cholesterol Removal from Whole Egg by Crosslinked β -cyclodextrin. Asian Australasian Journal of Animal Sciences. 27(4): 537-542.
- Kinsella, J.E. 1987. Seafoods and fish oils in human health and disease. Marcel Dekker Inc., New York.
- Kwak, H.S., Jung, C.S., Shim, S.Y. and Ahn, J. 2002. Removal of Cholesterol from Cheddar Cheese by β -cyclodextrin. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 7293-7298.
- Kwak, H.S., Lee, J.E. and Chang, Y.H. 2011. Structural Characterization of β -cyclodextrin Crosslinked by Adipic Acid. International Journal of Food Science and Technology. 46(6): 1323-1328.
- Lee, J.E., Seo, M.H., Chang, Y.H. and Kwak, H.S. 2009. Cholesterol Removal from Squid Liver Oil by Crosslinked β -cyclodextrin. Journal of the American Oil Chemists' Society. 87(2): 233-238.
- Morris, T. C., Samocha, T. M., Davis, D. A. and Fox, J. M. 2011. Cholesterol supplements for *Litopenaeus vannamei* reared on plant based diets in the presence of natural productivity. Aquaculture. 314: 140-144.
- Sermwatanakul, A., Somsueb, P., Tongsri, N. and Sawitree, W. 2005. Feed and feed production of Aquatic animals. Department of Fisheries. Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai].

- Srichanchom, L., Jintasataporn, O. and Yoonpundh, R. 2014. Effect of Supplementation of Organic Selenium in White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) feed on growth and immunity. Proceedings of the 52th KU Annual conference. Kasetsart University. Bangkok, 165-172. [in Thai].
- Srithongterm, T. 2014. Aquaculture business. Business Research Bureau. Risk Management. Land and Houses Bank Public Company Limited. [Online] Available from https://www.lhbank.co.th/Files/economic/economic_20161206154214.pdf [2018, October 8] [in Thai].
- Tangwichai, B., Hinsui, J., Mookdasanit, J. and Worawattanamateekul, W. 2017. Effect of β -cyclodextrin on Cholesterol Removal in Semi-refined Tuna Oil. Proceedings of the 55th KU Annual conference. Kasetsart University. Bangkok, Jan 31 - Feb 3, 2017. 524-533. [in Thai].
- Whitney, J.O. 1970. Absence of sterol biosynthesis in the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, and in the barnacle, *Balanus nubilus* Darwin. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 4: 229-237.

การนำสารสีแอสตาแซนทินจากการเลี้ยงยีสต์ในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีนผสมในอาหารปลา

A Mixture of Astaxanthin Pigment Produced from Yeast Cultured in Sewage of Thai Rice Noodles in Feed for Striped Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*)

ชุตินุช สุจริต^{1*} ไวกูณฐ์ ฤทธิธรรม² และดวงพร อมรเลิศพิศาล³

Chutinut Sujairit^{1*} Waigoon Rittirut² and Doungporne Amornlerdpison³

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรีัง, 92150

²เคยทำงานในมหาวิทยาลัยพะเยา

³บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹ Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 92150.

² Used to work in Phayao University.

³ Graduate School Maejo University, 50290

*Corresponding author: s.chutinut58@gmail.com

บทคัดย่อ

การนำสารสีแอสตาแซนทินจากเชื้อยีสต์ *Phaffia rhodozyma* TISTR 5370 ในอาหารน้ำมะพร้าวที่เจือจางด้วยน้ำทิ้งโรงงานขนมจีนอัตราส่วน 1:3 (CN medium) ประกอบด้วย น้ำตาลโตนด ร้อยละ 5, กลูโคส, ยีสต์สกัด, K_2HPO_4 , NaCl, $MgSO_4$ และ $CaCl_2$ เท่ากับ 10, 3, 0.1, 0.01, 0.01, 0.01 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เติมน้ำกรด citric acid ร้อยละ 1 มีพีเอชเริ่มต้นที่ 5.5 บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที มีความเข้มข้นแสงที่ 500 ลักซ์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 ชั่วโมง มีน้ำหนักเซลล์แห้ง เท่ากับ 10.30 กรัมต่อลิตร และปริมาณสารแอสตาแซนทิน เท่ากับ 930 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเซลล์ นำสารสีแอสตาแซนทินที่ได้นำมาผสมอาหารเม็ด มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.20, 0.40 และ 0.80 เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ปลาซิวมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุดในสูตรอาหารที่เสริมด้วยสารแอสตาแซนทินที่ร้อยละ 0.40 เท่ากับ 18.85 กรัมต่อตัว มีอัตราการรอดตายร้อยละ 98 มีค่าใกล้เคียงกันทุกสูตรการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อนำปลาซิววิเคราะห์ปริมาณสารสีแอสตาแซนทินที่พบในเนื้อปลาซิวแล้ว เท่ากับ ร้อยละ 0.4 เมื่อนำเนื้อปลาซิวมาทำการแลและแช่เย็น สามารถยืดอายุปลาซิวแล้วได้เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่ามีค่า TBA เท่ากับ 0.5 mg.malonaldehyde/kg

คำสำคัญ: สารสีแอสตาแซนทิน น้ำทิ้งโรงงานขนมจีน ปลาซิว อาหารปลา

Abstract

Extraction of astaxanthin pigment was conducted by incubating a strain of yeast, *Phaffia rhodozyma* TISTR 5370, in sewage from Thai rice noodles production. Coconut juice solute was added to raw sewage in the ratio of 1:3. The solute was further mixed by palm sugar, citric acid, glucose, yeast extract, K_2HPO_4 , NaCl, $MgSO_4$ and $CaCl_2$ at 5% w/v, 1% w/v, 10, 3, 0.1, 0.01, 0.01

and 0.01 g/L, respectively. The pH was initially adjusted to 5.5. Yeast incubation was carried out on shaker spinning at the rate of 200 rpm, under light intensity of 500 lux for 12 hrs/day and at room temperature of 25° C. An amount of cell suspension obtained was 10.30 g/L with 930 % fresh weight content of astaxanthin. All essential amino acids (EAA) were obtained, including lysine, methionine and valine. Astaxanthin pigment produced from this experiment was added to fish food pellet in the ratios of 0%, 0.20%, 0.40% and 0.80 %. The food pellet was fed to striped catfish for 3 months. The result showed that the fish fed with a feeding mixture of 0.40 % astaxanthin content gained the highest weight of 18.85 g per fish with a survival rate of 98%. The survival rate was not different among treatments at significant level of $p < 0.05$. The amount of astaxanthin found in striped catfish fillets was 0.40 %. The shelf life of chilled striped catfish fillets was up to 60 days with total volatile acids (TBA) at 0.50 mg.malonaldehyde/kg

keywords: astaxanthin, sewage of Thai rice noodles, Striped catfish, fish pellet

คำนำ

ปลาสาวยเป็นสัตว์น้ำที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็วและมีปริมาณไขมันในเนื้อสูง การเลี้ยงที่เหมาะสม ถูกวิธี ส่งผลให้ปลาสาวยที่ไม่มีกลิ่นโคลน กลิ่นคาวลดลงจะเป็นที่ต้องการของตลาดและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค หากเลี้ยงปลาสาวยในบริเวณที่ไม่ได้ใส่ใจในเรื่องสิ่งแวดล้อมอาจส่งผลต่อการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และส่งผลเสียต่อราคาขาย (Wasson *et al.*, 1991) อีกทั้งปลาสาวยเป็นปลาที่มีปริมาณไขมันในเนื้อปลาค่อนข้างสูง หากเก็บรักษาเนื้อปลาไม่ดีเท่าที่ควรอาจจะเกิดกลิ่นที่ไม่ต้องการได้ สารกันหืนนอกจากจะยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน สารสีแอสตาแซนทินเป็นกลุ่มสารสีแซนโทฟิลล์มีคุณสมบัติเป็นสารกันหืนที่มีออกซิเจนสูง ๆ สารสีแอสตาแซนทินมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าแคโรทีนอยด์อื่นๆ (Terao, 1989) ช่วยกำจัดอนุมูลอิสระได้ดี Sigurgisladdottir *et al.*, (1994) ได้ทดลองเลี้ยงปลาแซลมอนโดยใช้แอสตาแซนทินและโทโคเฟอรอล เพื่อเปรียบเทียบลักษณะและรสชาติของเนื้อปลา พบว่าสีส้มแดงของเนื้อปลาที่ได้จากการเติมสารแอสตาแซนทินมีลักษณะและรสชาติของเนื้อดีขึ้น Boonyaratplin (1994) ทดลองศึกษาผล การเสริมแคนเทนทรินและแอสตาแซนทินระดับต่าง ๆ ในอาหารต่อกุ้งกุลาดำ ทดลอง 6 สูตร ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การเสริมรควัตถุทั้ง 2 ชนิด ไม่มีผลต่อการเจริญและประสิทธิภาพการใช้อาหาร เมื่อเสริมแอสตาแซนทิน 50 มิลลิกรัม / อาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงกุ้ง 4 สัปดาห์ เพียงพอที่จะช่วยให้กุ้งมีสีตามที่ต้องการ ผู้วิจัยมีความสนใจในการนำสารสีแอสตาแซนทินมาเสริมในอาหารเลี้ยงปลาสาวยเพื่อที่ลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งกลิ่นหืนในเนื้อปลาพบได้ในปลาที่มีไขมันในเนื้อค่อนข้างสูง ในขณะเดียวกันสารแอสตาแซนทินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถยืดอายุเนื้อปลาสาวยแล้วได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมหัวเชื้อและการเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตสารสีแอสตาแซนทิน

เชื้อยีสต์ที่ใช้ในการทดลอง *Phaffia rhodozyma* TISTR 5370 ได้ซื้อจากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จังหวัดปทุมธานี การเก็บรักษาเชื้อในอาหารวุ้นเลี้ยง YM ใน 40% glycerol ก่อนทำการทดลองต้องมีการกระตุ้นการเจริญเติบโตในอาหาร YM broth ซึ่งประกอบด้วย 1% glucose, 0.5% peptone, 0.3% malt extract, 0.3% yeast extract ในฟลasks ขนาด 250 มล. ใส่อาหารเหลว 50 มล.เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส บนเครื่องเขย่า 200 รอบต่อนาที มีความเข้มแสงที่ 500 ลักซ์ โดยใช้หลอดไฟแบบ cool white fluorescent เป็นระยะเวลา 24-48 ชม. โดยพีเอชเริ่มต้นที่ 5.5 ปรับพีเอชด้วย 1N HCl ฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองใช้ 10 % มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.5 จะได้หัวเชื้อที่มีความเข้มข้น $10^7 - 10^8$ cfu/ml (Sujarit *et al.*, 2017) ในการเลี้ยงเชื้อยีสต์ *Phaffia rhodozyma* TISTR 5370 ในอาหารน้ำมะพร้าว ที่เจือจางด้วยน้ำที่โรงงานขนมจีนในอัตราส่วน 1:3 (CN medium) เติมน้ำตาลตาลโตนดร้อยละ 5 กลูโคส 10 กรัมต่อลิตร, ยีสต์สกัด 3 กรัมต่อลิตร, K_2HPO_4 0.1 กรัมต่อลิตร, NaCl 0.01 กรัมต่อลิตร, $MgSO_4$ 0.01 กรัมต่อลิตร และ $CaCl_2$ 0.01 กรัมต่อลิตร กรด critic acid ร้อยละ 1 มีพีเอชเริ่มต้นที่ 5.5 บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที มีความเข้มข้นแสงที่ 500 ลักซ์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 ชั่วโมง

การสกัดสารสีแอสตาแซนทิน

นำเซลล์ยีสต์ที่ได้จากสูตร CN medium มาทำการอบแห้ง freeze-dried หลังจากนั้น นำมาสกัดเพื่อให้ได้สารสีแอสตาแซนทินโดยใช้วิธีของ Jian-Ping *et al.*, (1997) และ Dominguez and Torres (2004) เพื่อนำสารสีแอสตาแซนทินไปใช้ผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาสร้อย โดยมีทั้งหมด 4 สูตรดังนี้ (ดัดแปลงสูตรอาหาร Samranrat *et al.*, 2011) (Table 1)

สูตรที่ 1 สูตรควบคุม

สูตรที่ 2 อาหารเลี้ยงปลาสร้อยผสมสารแอสตาแซนทินร้อยละ 0.20

สูตรที่ 3 อาหารเลี้ยงปลาสร้อยผสมสารแอสตาแซนทินร้อยละ 0.40

สูตรที่ 4 อาหารเลี้ยงปลาสร้อยผสมสารแอสตาแซนทินร้อยละ 0.80

นำอาหารที่เตรียมไว้ชนิดเม็ดมาเกลี่ยบนถาดอะลูมิเนียม นำสารสกัดแอสตาแซนทินมาคลุกเคล้าให้เข้ากับอาหารเม็ดจนทั่วตามสูตรที่กำหนดไว้ อาหารทุกสูตรจะถูกนำไปฝังลงในที่ร่ม เป็นเวลา 1 วัน ในห้องที่มีอากาศถ่ายเท เมื่ออาหารแห้งบรรจุในถุงพลาสติกปิดผนึกเพื่อลดการสัมผัสอากาศและนำเข้าเก็บรักษาตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Klrongnu *et al.*, 2010) เมื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแต่ละสูตร (Table 2) ปลาสร้อยที่ใช้ในการศึกษาเป็นลูกปลาที่ได้จากการเพาะพันธุ์จากฟาร์มเอกชน มีอายุประมาณ 2 เดือน นำมาเลี้ยงเพื่อปรับสภาพให้คุ้นเคยกับการทดลอง ในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1 ตัน ในอาหารเม็ดสูตรควบคุม วันละ 2 มื้อ และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ การปล่อยในตู้กระจกใช้ปลาสร้อยจำนวน 30 ตัว ขนาดของตู้กระจกขนาด 60x150 เซนติเมตร จำนวนซ้ำของการเลี้ยง 3

ซ้ำ ขนาดน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของปลาทดลอง 4.9 กรัม เลี้ยงปลาสวายเป็นระยะเวลา 3 เดือน มีการให้อาหาร ทุกเช้าและเย็น บันทึกข้อมูลน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอดตายและคุณภาพน้ำที่ทดลองเลี้ยงปลา เป็นต้น เมื่อครบกำหนดมีการนำเนื้อปลาสวายมาทำการวิเคราะห์สารสี (Jian-Ping *et al.*, 1997; Dominguez and Torres , 2004) วิเคราะห์หาค่าความหืน TBA (AOAC, 2000) ทำการทดสอบประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค สำหรับปลาสวายแล้ว ได้แก่ สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะความชอบโดยรวม โดยใช้การประเมินความชอบผลิตภัณฑ์แบบ 9-Point Hedonic Scale โดยผู้ทดสอบชิมทั่วไปที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน นำผลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบ สุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's multiple rang test (DMRT)

ผลการวิจัย

ผลการทดลองนำสารสีแอสตาแซนทินมาเลี้ยงปลาสวาย

โดยการนำสารสีแอสตาแซนทินมาจากการเลี้ยงยีสต์ในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีนที่มีการปรับสูตรเพื่อการเพาะเลี้ยงยีสต์ *Phaffia rhodozyma* TISTR 5370 ในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน โดยนำเลี้ยงยีสต์ *P. rhodozyma* TISTR 5370 เลี้ยงในน้ำมะพร้าว ที่เจือจางด้วยน้ำทิ้งโรงงานขนมจีนอัตราส่วน 1:3 (CN medium) นำมาผสมกับ น้ำตาลโตนด ร้อยละ 5 กลูโคส 10 กรัมต่อลิตร , ยีสต์สกัด 3 กรัมต่อลิตร , K_2HPO_4 0.1 กรัมต่อลิตร, NaCl 0.01 กรัมต่อลิตร, $MgSO_4$ 0.01 กรัมต่อลิตร และ $CaCl_2$ 0.01 กรัมต่อลิตร กรด critic acid ร้อยละ 1 มีพีเอชเริ่มต้นที่ 5.5 บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที มีความเข้มข้นแสงที่ 500 ลักซ์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 ชั่วโมง มีน้ำหนักเซลล์แห้ง เท่ากับ 10.30 กรัมต่อลิตร และปริมาณสารแอสตาแซนทิน เท่ากับ 930 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเซลล์ กรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย (essential amino acid : EAA) ครบทุกชนิด เช่น ไลซีน เมทไธโอนีน และวาลีน เป็นต้น

Table 1 Component of Ingredient in food formulations containing different level of astaxanthin

Material	Content in Formulation (g)			
	Control	1	2	3
Fish meal	67	67	67	67
Gluten free	3	3	3	3
Wheat flour	15	15	15	15
Guar gum	0.5	0.5	0.5	0.5
God Liver Oil	7	7	7	7
B Vitamins ¹	1	1	1	1
Dietary minerals ²	2	2	2	2
Vitamin C	0.5	0.5	0.5	0.5
Astaxanthin (%)	0	0.2	0.4	0.8
Cellulose	4	3.8	3.6	3.2

Source: Modified from Davis and Lawrence (1997) and Samranrat *et al.* (2011)

¹B Vitamins: Thiamine (B₁) (in µg/kg): 23.47; riboflavin (B₂) 25; niacin 37.07; Vitamin E 50% 80; pyridoxine HCl 54.55; Ca-D-pantothenate (B₅) 25; inositol 98; biotin 25; folic acid 2.1; cyanocobalamin (B₁₂) 0.6; menadione (K 50%) 26, Vitamin C 80% 85.71; Choline Chloride 50% 300; Vitamin A/D₃ 2.3 and Cellulose 215.20

²Dietary minerals: KH₂PO₄: CaHPO₄·2H₂O: NaH₂PO₄·2H₂O: KCl: FeSO₄: ZnSO₄: CuSO₄: MnSO₄ (1.0 : 1.0 : 1.5 : 0.5 : 0.0063 : 0.0074 : 0.0013: 0.0055)

Table 2 Nutritional value results in Formulations

Nutrient content (% dried weight)	Formulation			
	Control	1	2	3
Protein	45.81	45.27	45.35	45.37
Fat	14.66	15.03	15.11	15.20
Carbohydrate	15.55	15.98	15.70	15.49
Fiber	0.53	0.55	0.49	0.50
Ash	16.23	17.11	17.03	17.59
Humidity	18.03	17.19	17.88	18.03
Astaxanthin content (%)	-	10	18	25

ผลการนำยีสต์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปลาสวาย

1. การเจริญเติบโตของปลาสวาย

การเจริญเติบโตของปลาสวายที่ได้รับเลี้ยงปลาสวายเป็นระยะเวลา 3 เดือน ปลาสวายในช่วงแรกมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน เมื่อระยะเวลาครบ 3 เดือน พบว่าปลาสวายมีการเจริญเติบโตและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในสูตรที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 18.85 ± 0.19 กรัม มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาคือ 18.35 ± 0.12 กรัม (สูตรที่ 3) , 18.23 ± 0.3 กรัม (สูตรที่ 2) และ 17.98 ± 0.24 (กรัม ชุดควบคุม) Table 3 ส่วนอัตราการรอดตายปลาสวาย พบว่ามีอัตราการรอดร้อยละ 98 ± 0.11 , 98 ± 1.13 , 98 ± 1.21 และ 98 ± 1.35 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ (Table 4) คุณภาพของน้ำในการเลี้ยงปลาสวายในตู้ คุณภาพน้ำตลอดการทดลองมีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28-30 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 6-6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.5 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน เป็น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร

Table 3 Growth and survival rate of fish when feeding with 3 Astaxanthin dietary formulations for 3 months

Formulation	Initial weight (g/individual)	final weight (g/individual)	Weight gain (g/individual)	Survival rate (%)
Control	4.97 ± 0.01^a	17.98 ± 0.24^d	11.03 ± 0.20^c	98 ± 1.10^a
Formula I	4.95 ± 0.5^a	18.23 ± 0.3^c	11.13 ± 0.11^b	98 ± 1.11^a
Formula II	4.98 ± 0.1^a	18.85 ± 0.19^a	11.51 ± 0.03^a	98 ± 1.21^a
Formula III	4.98 ± 0.1^a	18.35 ± 0.12^b	11.11 ± 0.04^b	98 ± 1.35^a

Note: Average values shown in the same column with different small letter superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

2. ผลการเสริมสารแอสตาแซนทินในอาหารเลี้ยงปลาสวาย

ผลจากการเสริมสารแอสตาแซนทินในการเลี้ยงปลาสวายนั้น เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบสารแอสตาแซนทินในเนื้อปลาสวาย จากการทดลองอาหารเสริมสารแอสตาแซนทินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ร้อยละ 0, 0.2, 0.4 และ 0.8 8 มีด้วยกันทั้งหมด 4 สูตร เลี้ยงปลาสวายเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สูตรที่ 3 ซึ่งเสริมสารแอสตาแซนทินความเข้มข้นร้อยละ 0.80 เมื่อทำการวิเคราะห์สารแอสตาแซนทินในเนื้อปลาสวายพบปริมาณสารแอสตาแซนทินในปริมาณที่สูง เท่ากับ 13.0 ± 0.20 ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมา เท่ากับ 11.0 ± 0.30 และ 5.0 ± 0.10 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ดังใน Table 4

Table 4 Astaxanthin residue in fish meat at 120 days after feeding with astaxanthin containing pellet

Formulation	Astaxanthin residue in fish meat ($\mu\text{g/g}$)
Control	None
Formula I	5.0 ± 0.10^c
Formula II	11.0 ± 0.30^b
Formula III	13.0 ± 0.20^a

Note: Average values shown in the same column with different small letter superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

โดยการนำปลาสวายที่เลี้ยงในอาหารที่เสริมสารสีแอสตาแซนทินที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 0, 0.2, 0.40 และ 0.8 มาแล่ให้มีขนาดชิ้นปลา 3×3 ซม. เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น เป็นเวลา 60 วัน นำมาทดสอบด้านประสาท ทดสอบการยี้ดอายุ โดยนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปลาสวายแล่ (Table 5) ผลการทดสอบทางด้านสี พบว่าปลาแล่ สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในช่วงชอบมากที่สุด ในทุกช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลอง สูตรชุดควบคุมคะแนนความชอบรวมในช่วงที่น้อยที่สุด สูตรที่ 1, 3 และ 4 อยู่ในช่วงเป็นปานกลาง ซึ่งคะแนนความชอบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนกลิ่นของเนื้อปลาสวายแล่ สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในช่วงที่ชอบมากที่สุดกว่าทุกในการทดลอง สูตรชุดควบคุมคะแนนความชอบรวมในช่วงที่น้อยที่สุด สูตรที่ 1, 3 และ 4 อยู่ในช่วงเป็นปานกลาง ซึ่งคะแนนความชอบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนรสชาติ ผลการทดสอบทางด้านรสชาติพบว่าเนื้อปลาสวายแล่ สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในช่วงคะแนนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุกสูตรในการทดลอง ซึ่งคะแนนความชอบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนผลการทดลองลักษณะปรากฏ พบว่าเนื้อปลาสวายแล่ สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในช่วงชอบมากที่สุดเช่นกัน และสูตรที่ 1, 3 และ 4 มีคะแนนอยู่ในช่วงปานกลาง และสูตรควบคุมมีคะแนนน้อยที่สุด ซึ่งคะแนนความชอบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนผลการทดสอบด้านความชอบรวม พบว่า สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงคะแนนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับทุกสูตรในการทดลอง ซึ่งคะแนนความชอบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ดังนั้นผลการเสริมสารแอสตาแซนทินในอาหารเลี้ยงปลาสวายที่เหมาะสม โดยให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันจึงคัดเลือกสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่เหมาะสม เนื่องจากได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่มากกว่าชุดการทดลองอื่นและเหมาะสม

Table 5 Sensory analysis of meat products from Striped catfish which were fed by pellet containing different concentrations of astaxanthin from *Phaffia rhodozyma* TISTR 5730

Storage	Formulation	Attribute				
Day	Formulation	Color	Odor	Flavor	Appearance	Overall Appearance
15	Control	7.23±0.10 ^a	7.03 ±0.31 ^b	7.11±0.18 ^{ab}	7.16±0.50 ^a	7.06±0.60 ^a
	F.I	7.33±0.16 ^{ab}	7.15 ±0.25 ^{ab}	7.21±0.14 ^b	7.26 ±0.15 ^a	7.33±0.67 ^{ab}
	F.II	7.45±0.20 ^{ab}	7.21 ±0.17 ^{ab}	7.28±0.17 ^{ab}	7.28±0.19 ^{ab}	7.43±0.48 ^{ab}
	F.III	7.36±0.15 ^{ab}	7.31±0.11 ^{ab}	7.26±0.15 ^{ab}	7.19±0.10 ^{ab}	7.26±0.44 ^{ab}
30	Control	7.10±0.11 ^a	7.31 ±0.31 ^a	7.06±0.11 ^a	7.17 ±0.31 ^a	7.26±0.50 ^a
	F.I	7.13±0.26 ^{ab}	7.49±0.15 ^{ab}	7.29±0.24 ^{ab}	7.34 ±0.11 ^{ab}	7.33±0.67 ^{ab}
	F.II	7.66±0.22 ^c	7.69±0.29 ^c	7.49±0.17 ^c	7.53±0.49 ^c	7.79±0.44 ^c
	F.III	7.33±0.25 ^b	7.43±0.23 ^a	7.26 ±0.8 ^{ab}	7.39 ±0.30 ^{ab}	7.56±0.50 ^c
45	Control	7.33±0.15 ^a	7.45 ±0.10 ^{ab}	7.36±0.95 ^{ab}	7.35±0.25 ^{ab}	7.29±0.45 ^{ab}
	F.I	7.41 ±0.10 ^c	7.46±0.49 ^c	7.53±0.15 ^c	7.55±0.35 ^{ab}	7.68±0.15 ^{ab}
	F.II	7.61±0.13 ^c	7.50±0.49 ^c	7.53±0.15 ^c	7.55±0.35 ^{ab}	7.78±0.15 ^{ab}
	F.III	7.48±0.15 ^{ab}	7.49±0.16 ^{ab}	7.35±0.19 ^{ab}	7.49±0.29 ^{ab}	7.39±0.69 ^{ab}
	F.II	7.68 ±0.30 ^c	7.58±0.17 ^c	7.53±0.45 ^c	7.54±0.35 ^c	7.79±0.15 ^c
	F.III	7.44±0.35 ^{cd}	7.39±0.79 ^{bc}	7.47±0.79 ^{ab}	7.33±0.17 ^{ab}	7.49±0.19 ^c

Note: The values for each column followed by different small letter superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

ผลการวิเคราะห์ค่า TBA และความหืนของผลิตภัณฑ์

นำปลาสวายแช่แข็งผ่านการเสริมอาหารด้วยสารสีแอสตาแซนทีนที่มีความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.4 ซึ่งทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน ณ อุณหภูมิตู้เย็น ค่า TBA ในเนื้อปลาสวายแช่ พบว่า ปลาสวายระยะเวลาในการเก็บรักษาวันที่ 0, 15, 30, 45 และ 60 ตามลำดับ (Table 6) ชุดการทดลองมีค่า TBA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา เมื่อพิจารณาชุดควบคุมพบว่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง การเพิ่มของ TBA มีความสัมพันธ์กับความหืนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งวัดในรูปของมิลลิกรัม มาลอนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ผลจากการวัดค่าความหืนของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ 60 วัน พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.7 ± 0.16 มิลลิกรัม มาลอนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และเมื่อพิจารณาในชุดเนื้อปลาสวายแช่ที่ได้จากการเสริมสารสีแอสตาแซนทีนในอาหารร้อยละ 0.4 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่การเกิดความหืนน้อยกว่าชุดควบคุม ณ ระยะเวลาที่ 60 วัน มีค่าเท่ากับ 0.5 ± 0.1 มิลลิกรัม มาลอนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม

Table 6 Analysis of Thiobarbituric acid (TBA) rancidity in the meat products from Striped catfish kept in fridge up to 60 days, the fish was fed with pellet containing astaxanthin from *P. rhodomyza* TISTR 5730

Storage (Day)	TBA (mg.malonaldehyde/kg)	
	Control	0.40%
0	0.02 ± 0.16 ^e	0.02 ± 0.06 ^e
15	0.03 ± 0.12 ^d	0.02 ± 0.12 ^d
30	0.04 ± 0.19 ^c	0.03 ± 0.16 ^c
45	0.05 ± 0.15 ^b	0.04 ± 0.17 ^b
60	0.07 ± 0.16 ^a	0.05 ± 0.10 ^a

Note: The values for each column followed by different small letter superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยนี้พบว่า สารสีแอสตาแซนทีนที่เสริมในอาหารปลาสวาย 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารสีแอสตาแซนทีนร้อยละ 0, 0.20, 0.40 และ 0.80 เป็นระยะเวลา 3 เดือน ปลาสวายเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับอาหารเสริมสารสีแอสตาแซนทีนทุกระดับมีค่าการเจริญเติบโตที่ดี พบว่า อาหารที่เสริมสารสีแอสตาแซนทีนร้อยละ 0.40 มีน้ำหนักเท่ากับ 18.85 กรัมต่อตัว และอัตราการรอดตายร้อยละ 98.12 ซึ่งสอดคล้องกับ Klnongnu *et al.* (2012) การเสริมสารแอสตาแซนทีนที่ความเข้มข้นอย่างน้อย 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีผลต่อการน้ำหนักเพิ่ม (%) 49.03 และอัตราการรอดตายมีมากกว่าไม่เสริมสารสีแอสตาแซนทีน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สูตรที่ 3 ซึ่งเสริมสารสีแอสตาแซนทีนความเข้มข้นร้อยละ 0.80 นั้น เมื่อทำการวิเคราะห์สารสีแอสตาแซนทีนในเนื้อปลาสวายพบปริมาณสารสีแอสตาแซนทีนในปริมาณที่สูง เท่ากับ 13.0 ± 0.20 ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมา เท่ากับ 11.0 ± 0.30 และ 5.0 ± 0.10 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโต กับสารสีที่ปรากฏอยู่ในเนื้อปลานั้นไม่มีความสัมพันธ์ ($p > 0.05$) มีรายงานความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ในอาหารก็มีผลต่อการเร่งสีอีกด้วย Nakaszone *et al.*, (1984) พบว่า ปลา red bream ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแคโรทีนอยด์ชนิดต่าง ๆ เช่น เบต้าแคโรทีน ซีแซนทีน ลูทีน และแอสตาแซนทีน พบว่า ปลาสะสมแคโรทีนอยด์รวมบริเวณผิวหนังเมื่อได้รับอาหารที่ผสมแอสตาแซนทีนในระดับความเข้มข้นเพียงครึ่งหนึ่งของซีแซนทีนและลูทีน แคโรทีนอยด์ที่มีผลต่อการเพิ่มสีของปลาไม่ได้มีอิทธิพลมาจากชนิดของแคโรทีนอยด์ที่ใช้เสริมในอาหารเท่านั้น แต่ยังมีปัจจัยอื่นอีกมากมาย เช่น แหล่งและความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ ตลอดจนระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ (Doolane *et al.*, 2008) เมื่อนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อนำเนื้อปลาสวายที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสีแอสตาแซนทีนความเข้มข้นร้อยละ 0.40 มีความชอบโดยรวมมากที่สุด สอดคล้องกับ Makkhun *et al.*, (2003) ได้นำสารสกัดแอสตาแซนทีนจากเปลือกกุ้งเข้มข้นร้อยละ 0.5 ถึง 1.0 มาทดลองในปลาแล้ว ค่าของ TBA ของหนังและเนื้อปลาหับทิมแล้ว เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด แสดงว่าการใช้สารสกัดจากเปลือกกุ้งมีผลต่อการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในปลาหับทิมแช่เย็นได้ดี ซึ่งผลการทดลองในเนื้อปลาสวายแล้วที่เสริมในอาหารปลาสวาย พบว่า ค่า TBA ในปลาสวายแล้วที่เสริมอาหารด้วยสารสีแอสตาแซนทีนร้อยละ 0.4

เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน ณ อุณหภูมิตู้เย็น พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่การเกิดความหืนจะลดลงกว่าชุดควบคุม ณ ระยะเวลาที่ 60 วัน มีค่าเท่ากับ 0.5 ± 0.1 มิลลิกรัม มาลอนัลดีไฮด์ / กิโลกรัม สอดคล้องกับ Sujarit et al., 2014 พบว่าเมื่อนำสารสีแอสตาแซนทินมาเคลือบเนื้อปลาสามารถยืดอายุได้ 60 วันที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่าในเนื้อปลามีปริมาณสารแอสตาแซนทิน ร้อยละ 0.40 ค่า TBA ของปลาสดจะเริ่มเกิดการหืนเมื่อค่า TBA มากกว่า 1.0 mg.malonaldehyde/kg ซึ่งผลิตภัณฑ์เนื้อมิใช่ค่า TBA เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมคุณภาพของไขมันในอาหาร (Sweet, 1973)

สรุปผลการวิจัย

สารสีแอสตาแซนทินที่ได้จากการเลี้ยง *Phaffia rhodozyma* TISTR 5370 ในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน โดยนำเลี้ยงยีสต์ *P. rhodozyma* TISTR 5370 เลี้ยงในน้ำมะพร้าว ที่เจือจางด้วยน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน อัตราส่วน 1:3 (CN medium) นำมาผสมกับ น้ำตาลโตนด ร้อยละ 5 กลูโคส 10 กรัมต่อลิตร , ยีสต์สกัด 3 กรัมต่อลิตร , K_2HPO_4 0.1 กรัมต่อลิตร, NaCl 0.01 กรัมต่อลิตร, $MgSO_4$ 0.01 กรัมต่อลิตร และ $CaCl_2$ 0.01 กรัมต่อลิตร กรด critic acid ร้อยละ 1 มีพีเอชเริ่มต้นที่ 5.5 บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที มีความเข้มข้นแสงที่ 500 ลักซ์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 ชั่วโมง มีน้ำหนักเซลล์แห้ง เท่ากับ 10.30 กรัมต่อลิตร และปริมาณสารแอสตาแซนทิน เท่ากับ 930 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเซลล์ กรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย (essential amino acid : EAA) ครบทุกชนิด เช่น ไลซีน เมทไธโอนีน และวาเลีน เป็นต้น

การเลี้ยงปลาสวายด้วยการเสริมสารสีแอสตาแซนทินความเข้มข้น ร้อยละ 0, 0.20, 0.40 และ 0.80 โดยใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 3 เดือน ทุกสูตรที่ใช้ในการทดลองทำให้ปลาสวายเจริญได้ พบว่า สูตรที่ 3 ให้ปลาสวายเจริญเติบโตและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 18.85 กรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อัตราการรอดตายร้อยละ 98 เมื่อวิเคราะห์สารสีแอสตาแซนทินในเนื้อปลาสวาย พบว่ามีสารสีในเนื้อปลาแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสีที่เสริมลงในเนื้อปลาสวาย และนำปลาสวายมาทำการแล่ พบว่ามีค่า TBA เท่ากับ 0.5 mg.malonaldehyde/kg ที่อุณหภูมิตู้เย็น สามารถยืดอายุได้ 60 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนอุดหนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 14th ed., Association of Official Analysis Chemists, Washington, D.C. 1018 p.
- Boonyaratplin, M. 1994. Effect of astaxanthin at various levels per color of black tiger shrimp. Document Acadmic No. 18. National Institute of coastal Aquaculture, Department of Fisheries, SongKhla. 11 p.

- Davis, D. A. and A. L. Lawrence. 1997. Minerals. *In* D 'Abramo, L. R., D. E. Conklin and D. M. Akiyama (eds.) Crustacean Nutrition. Volume 6, World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana. USA. 150-163 p.
- Dominguez-Bocanegra, A. R. and Torres-Munoz, J. A. 2004. Astaxanthin hyper production by *Phaffia rhodozyma* (now *Xanthophyllomyces hendroehous*) with raw coconut milk as sole source of energy. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 66: 249-252.
- Doolan, B. J., M. A. Booth, P.L., Jones and G. L. Allan. 2008. Effects of dietary astaxanthin concentration and feeding period on the skin pigmentation of Australian snapper (*Pagrus auratus*)(Bloch & Schneider, 1801). *Aquaculture Research*. 40:60-68.
- Jian-Ping Y., Xiian, D. I. And Feng, C. 1997. Separation and analysis of carotenoids and chlorophylls in *Hamatococcus lacustris* by high-performance liquid chromatography photodiode array detection. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 45, 1952-1956.
- Klnongnu ,N., Phumjan, L., Wongphonprateep, S. 2010. Use of Betelain Extracts of Dragon Fruit Pell to Enhance Skin Color Development in Parrot Cichlid. *J. Sci. and Tech. Ubon Ratchtani University*. 12(4): 29-36.
- Makkhun Sakunkhun . 2003. Extraction and Effect of Astaxanthin from Shrimp Shell on the Color and TBA Values Changing of Chilled Tabtim Fish (*Oreochromis* sp.) MS Thesis, Kasetsart Univesrity. [in Thai].
- Nakazone J., S. Ishii, M. Kamimoto and M. Takeuchi. 1984. Effects of supplemental carotenoid pigments on the carotenoid accumulation in young sea bream (*Chysophrys major*) *Bull.To Kai Reg. Fish. Res. Lab*. 113: 29-41.
- Samranrat, N., P. Muangyao, S. Tongrod, R. Pangmee and S Sathorn . 2011. Dietary supplemental effect of Astaxanthin and B-carotene on growth, coloration and immune system of Red Snapper (*Lutjanus argrentimaculatus* Forrskal, 1775) . Technical Paper No. 7/2011, Coastal Aquatic Feed Research Institute, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 21 p. [in Thai].
- Sigurgisladdottir, S., C. C. Parrish., D. P. Lall and P.G. Ackman. 1994. Effects of Feeding Natural tocopherol and astaxanthin on Atlantic Salmon (salmon-solar) fillet quality. *Food Research-International*. 27: 23-32.
- Sujarit, C., Rittirut, w., Amornlerdpison, D., and Siripatana, C. 2017. Astaxanthin production from sewage of traditional Thai rice vermicelli. *Journal of Physics: Conf. Series*, 820: 1-10.

- Sujarit, C. , Rittitut, W. , and Sukpan, U. 2014. Preservation of Pangasius Fillet (*Pangasianodon hypophthalmus*) using Astaxanthin from *Phaffia rhodozyma* TISTR 5730 at Refrigeration Temperature. The Proceeding of the Fourth International Fisheries Symposium (IFS). Surabaya, Indonesia. October 30-31.
- Sujarit C. , W. Rittirut and D. Amornlerdpison. 2016. Biomass production and optimal condition for extraction of Astaxanthin in *Phaffia rhodozyma* TISTR 5730, using Super Fluid Extraction Method, feed with Kanom Chin factory's wastewater to utilize in aquatic animal food pellet and cosmetics. Research report, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus. [in Thai].
- Sweet, C. W. 1973. A Research Noted: Activity of antioxidants in fresh fish. Journal Food Sci. 38: 1260-1261.
- Terao, J. 1989. Antioxidant activity of β -carotene-related carotenoids in solution. Lipid. 24:259-661.
- Wasson, D.H. Reppond, K.D and Kandianis, T.M. 1991. Antioxidant of preserve rockfish color. J. Food Sci. 56: 1564-1566.

เปรียบเทียบระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) แบบไบโอฟลอค

Comparision on culture system of Red tilapia

(*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) using biofloc system

อลิสรา ขันโท^{1*} จงกล พรหมยะ¹ ชนกกันต์ จิตมนัส¹ และอุดมลักษณ์ สมพงษ์¹

Alissara Khantho^{1*} Jongkon Promya¹ Chanagun Chitmanat¹ Udomluk Sompong¹

¹คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai 50290

*Corresponding author: K.Alissara@hotmail.com

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) ในระบบปิดแบบทั่วไปและระบบปิดแบบไบโอฟลอค โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ ระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ ปลอยปลาน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 45.00 ± 0.87 - 45.33 ± 0.76 กรัม/ตัว อัตราการปล่อย 68 ตัว/บ่อ ในบ่อซีเมนต์ขนาด $1.5 \times 1.5 \times 0.7$ เมตร สุ่มเก็บข้อมูลชั่งน้ำหนักปลา 21 ตัว/บ่อ ทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 150 วัน ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ต้นทุนการผลิต และคุณภาพน้ำ ผลการทดลองพบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายดีกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและต้นทุนการผลิตของปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 1.10 ± 0.01 และต้นทุนการผลิต มีค่าเท่ากับ 64.72 ± 0.03 บาท/กิโลกรัม ดีกว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้ง 4 ชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบไบโอฟลอคทั้ง 3 ชุดการทดลองลดลง สรุปได้ว่าระบบไบโอฟลอคมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาและช่วยบำบัดแอมโมเนียในน้ำได้

คำสำคัญ: ปลานิลแดง ไบโอฟลอค การเจริญเติบโต คุณภาพน้ำ

Abstract

The objective of this experiment was to compare the culture system of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) in the general closed system and the biofloc system. The experiment was divided into 4 treatments, 3 replications each including raising red tilapia in a closed system providing 3 percent of body weight feed compared with the biofloc system providing 1.5, 3 and 4.5 percent of body weight feeds. An average initial weight was 45.00 ± 0.87 - 45.33 ± 0.76

g/fish. The stocking rate was 68 fish/pond in a pond of 1.5 × 1.5 × 0.7 meters, 21 fish/pond of fish were randomly checked every 15 days for 150 days to investigate for growth performances, cost and water quality. The results showed that the red tilapia fed in the biofloc system providing feeds at 1.5, 3 and 4.5 percent of body weight had significantly better in final individual weight, weight gain, average daily growth, specific growth rate and survival rate than fish raised in the general closed system ($p < 0.05$). Feed conversion rate of fish fed 1.5 percent of body weight in the biofloc system was 1.10 ± 0.01 which was significantly reduced cost. The cost of production was 64.72 ± 0.03 Baht/kg which was less than other 3 treatments ($p < 0.05$). Physical and chemical water quality factors in all 4 experiments were in the appropriate criteria for aquaculture. From the results of this study, it can be concluded that the biofloc system affected fish growth and reduced ammonia in the water.

Keywords: Red tilapia, Biofloc, Fish growth, Water quality

คำนำ

ปลานิลแดง หรือ Red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) เป็นปลาลูกผสมระหว่างปลานิลกับปลาหมอเทศ มีลักษณะของโครโมโซมใกล้เคียงกับปลาหมอเทศและปลานิล คือมีปากเฉียงขึ้นคล้ายปลาหมอเทศและลักษณะลำตัวคล้ายปลานิล (Pongthana, 2010) ปลานิลแดงถือเป็นปลาเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงมากทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย เนื่องจากถือเป็นแหล่งโปรตีนจากปลาที่ราคาไม่แพงและสามารถจำหน่ายภายในประเทศได้อย่างแพร่หลาย (Betagro, 2014: online) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงปลานิลแดงในกระชังและมีการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นสูงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้น แต่มักจะประสบปัญหาเรื่องของคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะแอมโมเนียที่มักเกิดจากการให้อาหารในปริมาณที่มากเกินไป หรือจากการขับถ่ายของปลา จึงได้มีการแก้ปัญหาด้วยการนำแนวคิดที่จะบำบัดแอมโมเนียมาปรับใช้ภายในบ่อเลี้ยงปลา ระบบปิดซึ่งหนึ่งในนั้นคือการใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอค (Khanthong, 2016: online) เทคโนโลยีไบโอฟลอค (BFT) คือระบบที่พัฒนามาเพื่อจัดการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่หนาแน่น ลดการเปลี่ยนถ่ายน้ำ มีความปลอดภัยทางชีวภาพ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อ โดยการใช้แบคทีเรียจำพวกเฮเทอโรโทรฟิค (Heterotrophic bacteria) ตรึงไนโตรเจนจากของเสียและการขับถ่ายของปลามาสร้างเซลล์ใหม่เกิดเป็นมวลชีวภาพกลายเป็นแหล่งโปรตีนแก่สัตว์น้ำด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) (Avnimelech, 2015) การศึกษาเทคโนโลยีไบโอฟลอค (BFT) บ่อในที่ร่มโดยการเลี้ยงปลานิลในบ่อไบโอฟลอค 2 บ่อ ให้อาหารที่มีโปรตีน 35 และ 24 เปอร์เซ็นต์และบ่อชุดควบคุม 1 บ่อ ให้อาหารที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ พบว่าองค์ประกอบและสารอาหารที่พบในไบโอฟลอคมีความเหมาะสมต่อปลานิล ปลาในบ่อไบโอฟลอคมีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ การเจริญเติบโตของปลานิลในบ่อไบโอฟลอคสูงกว่าบ่อชุดควบคุม 45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสรุปได้ว่าปลานิลใช้ประโยชน์จากไบโอฟลอคในการเจริญเติบโต (Azim and Little, 2008)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจในการศึกษาการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบทั่วไป เปรียบเทียบกับระบบปิดแบบไบโอฟลอค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงและต้นทุนในการผลิต เพื่อนำไปพัฒนาระบบการเลี้ยงปลานิลแดงที่ปลอดภัยมุ่งสู่อินทรีย์ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมพื้นที่ทดลอง

ใช้บ่อซีเมนต์ขนาด $1.5 \times 1.5 \times 0.7$ เมตร จำนวน 12 บ่อ สถานที่ทดลอง ณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้ปลานิลแดงจากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ น้ำหนักตัวเฉลี่ย 45.17 ± 0.79 กรัม/ตัว ปล่อยปลาลงบ่อละ 68 ตัว (ในอัตรา 30 ตัว/ตารางเมตร)

3. การเตรียมอาหารทดลอง

ใช้อาหารสูตรของ Promya (2015: online) โดยมีส่วนผสมดังนี้ ปลาข้าว 20 เปอร์เซ็นต์ เปลือกถั่วดาวอินคา 27 เปอร์เซ็นต์ รำละเอียด 28 เปอร์เซ็นต์ ปลาป่น 15 เปอร์เซ็นต์ สไปรูลิน่าบดผง 7 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 3 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากัน นำมาอัดเม็ดแล้วผึ่งลมในที่ร่ม เก็บอาหารไว้ในถังพลาสติกทึบแสง (ทำอาหารครั้งละ 20 กิโลกรัม) ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ปรับปริมาณอาหารที่ให้อาหารทุก 15 วัน สังเกตและจดบันทึกการกินอาหารของปลา วิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารอาหารโดยวิธีการตาม AOAC (1990) ปริมาณสารอาหารของอาหารที่ใช้ทดลองมีค่าดังแสดงใน Table 1

Table 1 Biochemical composition of the experimental diet (Mean $\pm$ SD)

Biochemical composition (% DM)	Diet
Crude protein	36.16 $\pm$ 0.07
Crude lipid	8.94 $\pm$ 0.24
Crude fiber	9.33 $\pm$ 0.03
Ash	15.19 $\pm$ 0.09
Moisture	5.96 $\pm$ 0.15

4. การเตรียมระบบทดลอง

ระบบปิดแบบทั่วไป เตรียมน้ำประปาในบ่อซีเมนต์จำนวน 3 บ่อ ให้อากาศโดยใช้หัวทราย และระบบปิดแบบไบโอฟลอค เตรียมน้ำประปาในบ่อซีเมนต์จำนวน 9 บ่อ เติมส่วนผสมทำตะกอนไบโอ-ฟลอค โดยเติมกากน้ำตาลปริมาณ 0.4 กรัม/ลิตร รำละเอียดปริมาณ 0.2 กรัม/ลิตร อาหารเม็ดสำเร็จรูปบดผงปริมาณ 0.2 กรัม/ลิตร โดโลไมท์ปริมาณ 0.1 กรัม/ลิตร และตะกอนดิน 0.1 กรัม/ลิตร ให้อากาศโดยใช้หัวทราย แต่ละชุดการ

ทดลองควบคุมสัดส่วนของ C:N=16:1 ควบคุมปริมาณไบโอฟลอค 10 มิลลิกรัม/ลิตร (ดัดแปลงจาก Avnimelech, 2015)

5. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่1 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบทั่วไป (Control) ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (T1)

ชุดการทดลองที่2 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอค ให้อาหาร 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (T2)

ชุดการทดลองที่3 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอค ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (T3)

ชุดการทดลองที่4 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอค ให้อาหาร 4.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (T4)

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

6.1 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลา สุ่มตัวอย่างปลา 21 ตัว/บ่อ ซึ่งน้ำหนักปลาทุกๆ 15 วัน เป็นระยะเวลา 150 วัน ซึ่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง และนับจำนวนปลาที่รอดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าต่างๆ ดังนี้

ก. น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (Weight gain (WG) : กรัม/ตัว)

= น้ำหนักเฉลี่ยปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเฉลี่ยปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

ข. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily gain (ADG) : กรัม/ตัว/วัน)

=
$$\frac{\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$$

ระยะเวลาในการทดลอง

ค. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate (SGR) : เปอร์เซ็นต์/วัน)

=
$$\frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}) \times 100}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$$

ระยะเวลาในการทดลอง

ง. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate (FCR) : หน่วย)

=
$$\frac{\text{จำนวนน้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น}}$$

จ. อัตราการรอดตาย (Survival Rate : เปอร์เซ็นต์)

=
$$\frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้นการทดลอง}}$$

6.2 ต้นทุนการผลิต = ค่าอาหารปลา+ค่าพันธุ์ปลา+ค่าไฟ+ค่าส่วนผสมไบโอฟลอค

6.3 ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี เก็บตัวอย่างน้ำจากแต่ละชุดการทดลองทุก ๆ 15 วัน เป็นระยะเวลา 150 วัน ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ได้แก่ อุณหภูมิ (Water temperature) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen) ไนไตรท์ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen) ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate nitrogen) และออร์โธฟอสเฟสฟอสฟอรัส (Orthophosphate phosphorus) ตามวิธีของ Traichaiyaporn (1999)

6.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์โดยวิธี Tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลแดง

จากการเปรียบเทียบการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ ระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า

1.1 น้ำหนักเฉลี่ย เมื่อเริ่มต้นทดลองปลานิลแดงมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 45.00 ± 0.87 , 45.33 ± 0.76 , 45.17 ± 0.76 และ 45.17 ± 0.76 กรัม/ตัว ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 346.00 ± 0.01 , 328.00 ± 1.00 และ 349.50 ± 0.50 กรัม/ตัว ตามลำดับ สูงกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 306.00 ± 2.00 กรัม/ตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

1.2 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น พบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 304.33 ± 1.04 กรัม/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

1.3 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 2.01 ± 0.01 , 1.89 ± 0.01 และ 2.03 ± 0.01 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ดีกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 1.74 ± 0.01 กรัม/ตัว/วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

1.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ พบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 1.35 ± 0.01 , 1.32 ± 0.01 และ 1.36 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ดีกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 1.28 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์/วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

1.5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าปลาที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 1.10 ± 0.01 ดีกว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

1.6 อัตราการรอดตาย พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 81.19 ± 1.00 , 86.99 ± 0.32 และ 85.01 ± 0.60 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ สูงกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 51.23 ± 1.18 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

1.7 ต้นทุนและผลผลิต โดยคิดต้นทุนจากค่าพันธุ์ปลา ค่าอาหาร ค่าไฟ และค่าส่วนผสมตะกอนไบโอฟลอค พบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 64.72 ± 0.03 บาท/กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2) ส่วนผลผลิตที่ได้เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าชุดการทดลองระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ได้ผลผลิตทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 23.53 ± 0.01 , 22.30 ± 0.07 และ 23.77 ± 0.03 กิโลกรัม ตามลำดับ สูงกว่าชุดการทดลองระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 20.81 ± 0.14 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

Table 2 Growth performances of Red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) experimental period for 150 days ทำไม่แยกตาราง

Parameters	Culture system treatment			
	T1 (Control without biofloc + 3% feeding)	T2 (BFT treatments + 1.5% feeding)	T3 (BFT treatments + 3% feeding)	T4 (BFT treatments + 4.5% feeding)
Initial individual weight (g)	45.00 ± 0.87^a	45.33 ± 0.76^a	45.17 ± 0.76^a	45.17 ± 0.76^a
Final individual weight (g)	306.00 ± 2.00^a	346.00 ± 0.01^c	328.00 ± 1.00^b	349.50 ± 0.50^d
Weight gain (g)	261.00 ± 1.32^a	300.67 ± 0.76^c	282.83 ± 0.76^b	304.33 ± 1.04^d
Average daily growth (g/fish/day)	1.74 ± 0.01^a	2.01 ± 0.01^c	1.89 ± 0.01^b	2.03 ± 0.01^d
Specific growth rate (%/day)	1.28 ± 0.01^a	1.35 ± 0.01^c	1.32 ± 0.01^b	1.36 ± 0.01^c
Parameters	Culture system treatment			
	T1 (Control without biofloc + 3% feeding)	T2 (BFT treatments + 1.5% feeding)	T3 (BFT treatments + 3% feeding)	T4 (BFT treatments + 4.5% feeding)
Feed conversion rate (Unit)	2.35 ± 0.02^c	1.10 ± 0.01^a	2.27 ± 0.02^b	3.37 ± 0.01^d
Survival rate (%)	51.23 ± 1.18^a	81.19 ± 1.00^b	86.99 ± 0.32^c	85.01 ± 0.60^c
Production costs (baht/kg)	94.76 ± 0.71^c	64.72 ± 0.03^a	91.75 ± 0.38^b	112.65 ± 0.21^d
Production (kg)	20.81 ± 0.14^a	23.53 ± 0.01^c	22.30 ± 0.07^b	23.77 ± 0.03^d

Each value represents mean $\pm$ SD in the same row with different superscripts were significantly different ($p < 0.05$).

2. คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง

2.1 อุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 23.33 ± 0.01 - 24.33 ± 0.01 องศาเซลเซียส ซึ่งทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) (Table 3)

2.2 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) พบว่า pH ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.63 ± 0.01 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 75 - 150 ของการทดลอง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับ pH ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.25 ± 0.01 , 8.25 ± 0.01 และ 8.22 ± 0.01 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 75 - 150 ของการทดลอง (Table 3)

2.3 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) พบว่าทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 6.90 ± 0.01 - 6.97 ± 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) (Table 3)

2.4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) พบว่าทั้ง 4 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3) และในวันที่ 30 - 150 ของการทดลองพบว่า ปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 1)

2.5 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) พบว่าในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3) ส่วนปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) พบว่าในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3)

2.6 ปริมาณออร์โธฟอสเฟส-ฟอสฟอรัส ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) พบว่าในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3)

Table 3 Comparison of water quality parameters in ponds of Red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) experimental period for 150 days

Parameters	Culture system treatment			
	T1 (Control without biofloc + 3% feeding)	T2 (BFT treatments + 1.5% feeding)	T3 (BFT treatments + 3% feeding)	T4 (BFT treatments + 4.5% feeding)
Water temperature (°C)	23.33±0.01 ^a	23.67±0.01 ^a	24.33±0.01 ^a	24.33±0.01 ^a
pH	8.63±0.01 ^c	8.25±0.01 ^b	8.25±0.01 ^b	8.22±0.01 ^a
Dissolved oxygen (mg/L)	6.93±0.06 ^a	6.97±0.06 ^a	6.90±0.01 ^a	6.97±0.06 ^a
Ammonia-N (mg/L)	0.38±0.01 ^a	0.39±0.01 ^b	0.42±0.01 ^c	0.40±0.01 ^b
Nitrite-N (mg/L)	0.20±0.01 ^a	0.46±0.01 ^b	0.46±0.03 ^b	0.47±0.01 ^c
Nitrate-N (mg/L)	0.85±0.02 ^c	0.45±0.02 ^b	0.45±0.04 ^b	0.41±0.01 ^a
Phosphate-P (mg/L)	0.40±0.05 ^a	0.98±0.04 ^c	0.82±0.01 ^b	0.99±0.01 ^c

Each value represents mean ± SD in the same row with different superscripts were significantly different ($p < 0.05$).

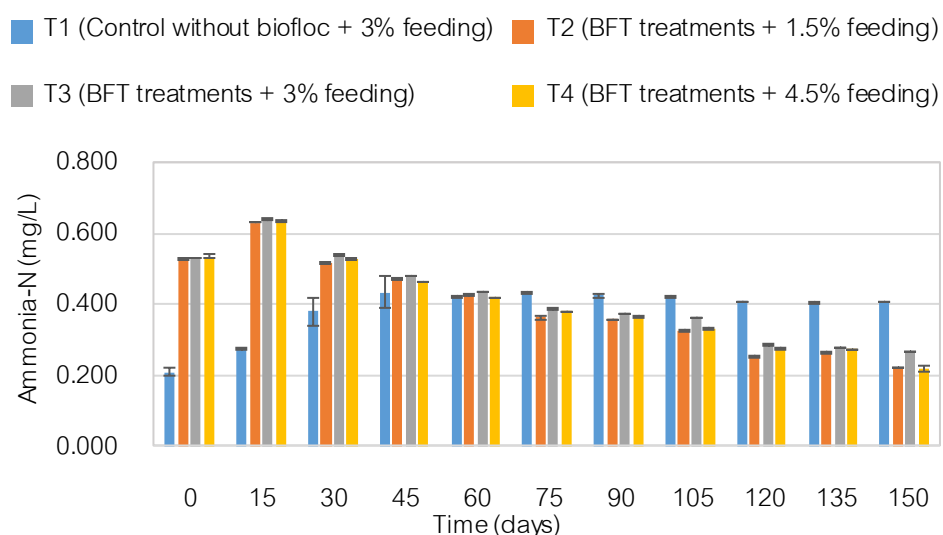


Figure 1 Ammonia-N (mg/L) in ponds of Red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) experimental period for 150 days

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 346.00 ± 0.01 , 328.00 ± 1.00 และ 349.50 ± 0.50 กรัม ตามลำดับ และน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (WG) มีค่าเท่ากับ 300.67 ± 0.76 , 282.83 ± 0.76 และ 304.33 ± 1.04 กรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ekasari *et al.* (2015) ซึ่งตรวจสอบผลของการเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ในระบบไบโอฟลอคต่อการเจริญเติบโต พบว่าปลานิลที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอคมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าระบบควบคุมที่เลี้ยงในน้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) มีค่าเท่ากับ 2.01 ± 0.01 , 1.89 ± 0.01 และ 2.03 ± 0.01 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) มีค่าเท่ากับ 1.35 ± 0.01 , 1.32 ± 0.01 และ 1.36 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ของปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Rumrui *et al.* (2011) ได้ผสมคว.พี.โปรไบโอติกในอาหารสำเร็จรูปให้ปลานิล ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.01 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์/วัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5 เปอร์เซ็นต์ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.10 ± 0.01 และอัตราการรอดตายของปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 81.19 ± 1.00 , 86.99 ± 0.32 และ 85.01 ± 0.61 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chen *et al.* (2020) ได้ทำการศึกษามูลของการเติมคาร์โบไฮเดรตในระบบไบโอฟลอคต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกแอฟริกา (*Clarias gariepinus*) พบว่าการเติมคาร์โบไฮเดรตในระบบไบโอฟลอคมีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในบ่อ อัตราการรอดตายของปลาดุกแอฟริกาอยู่ในช่วง 89 – 97 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ในช่วง 1.17 – 1.43 คุณค่าทางโภชนาการในระบบไบโอฟลอคมีค่าเหมาะสมต่อปลานิล โดยที่ปลาใช้ประโยชน์จากตะกอนฟลอค และอาหารที่ได้รับ (Azim and Little, 2008) เนื่องจากไบโอฟลอคมีการดึงไนโตรเจนมาใช้เพื่อสร้างเซลล์ใหม่ ซึ่งเนื้อเซลล์ใหม่คือสารจำพวกพวกโปรตีน เมื่อสัตว์น้ำกินกลุ่มฟลอคที่เป็นโปรตีนจึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Khanthong, 2016: online) ต้นทุนการผลิตปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 64.72 ± 0.03 บาท ซึ่งต่ำกว่าทั้ง 3 ชุดการทดลอง ส่วนผลผลิตจากการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 23.53 ± 0.01 , 22.30 ± 0.07 และ 23.77 ± 0.03 กิโลกรัม ดีกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 20.81 ± 0.14 กิโลกรัม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Promya (2015: online) ได้ทำการเลี้ยงปลานิลในระบบไบโอฟลอค เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิต พบว่ามีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ระหว่าง 0.59 – 1.63 ได้ผลผลิตประมาณ 19.64 – 27.30 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ปัจจัยทางคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแต่ละชุดการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 8.22 ± 0.01 - 8.63 ± 0.01 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคืออยู่ในช่วงระหว่าง 6.5 - 9 (Sangrungruang, 2007: online) ค่า pH ในบ่อปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอ-ฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มลดลงในวันที่ 75 - 150 ของการทดลอง เนื่องจากการเติมกากน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนทำให้ค่า pH ลดลง (Wuttitam *et al.*, 2018) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของปลาและสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าไม่น้อยกว่า 3.0 มิลลิกรัม/ลิตร (Sangrungruang, 2007: online) จากการทดลองพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 6.90 ± 0.01 - 6.97 ± 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงเนื่องจากกระบวนการไนตริฟิเคชันเปลี่ยนรูปสารประกอบแอมโมเนียเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) จึงทำให้ปริมาณ ไนไตรท์-ไนโตรเจนสูงขึ้น ซึ่งไนไตรท์จะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ในที่สุด (Kutako, 2016) การเติมแหล่งคาร์บอนลงไปบ่อเช่น แปะ หรือน้ำตาล เมื่อเติมคาร์บอนลงไปจุลินทรีย์ก็จะดึงคาร์บอนมาเป็นแหล่งพลังงาน แล้วก็ดึงเอาไนโตรเจนซึ่งเป็นสารประกอบของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำมาเป็นตัวสร้างเซลล์เพื่อการเจริญเติบโต ดังนั้นถ้ามีการเติมคาร์บอนในสัดส่วนที่เหมาะสมจะเป็นการส่งเสริมให้จุลินทรีย์มีการดึงไนโตรเจนมาใช้มากขึ้นตามไปด้วย ผลก็คือปริมาณแอมโมเนียในน้ำก็จะลดลง ขณะเดียวกันปริมาณของจุลินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้นด้วยเท่ากับว่าประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำในบ่อจะดีขึ้นตามลำดับ (Khanthong, 2016: online) ปริมาณออร์โธฟอสเฟส-ฟอสฟอรัส ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชทำให้พืชน้ำเจริญเติบโต หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงเกิดภาวะขาดออกซิเจนในน้ำได้ ซึ่งในบ่อปลาไม่ควรจะมีปริมาณของฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร (Sangrungruang, 2007: online) จากการทดลอง พบว่าในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.82 ± 0.01 - 0.99 ± 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากปริมาณแพลงก์ตอนและแบคทีเรียที่อยู่ในตะกอนไบโอฟลอคมีจำนวนมาก (Avnimelech, 2015)

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับระบบปิดแบบไบโอฟลอคให้อาหาร 1.5, 3 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคทั้ง 3 ชุดการทดลองดีกว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลมาจากที่ปลาใช้ประโยชน์จากตะกอนไบโอฟลอคในการเจริญเติบโตส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและต้นทุนการผลิตของปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบปิดแบบทั่วไปให้อาหาร 1.5 เปอร์เซ็นต์ ดีที่สุด ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีพบว่าทั้ง 4 ชุดการทดลองมีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ระบบไบโอฟลอคสามารถช่วยในการบำบัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในบ่อได้ แต่ปริมาณออร์โธฟอสเฟส-ฟอสฟอรัสสูงในบ่อที่เลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิดแบบไบโอฟลอคทั้ง 3 ชุดการทดลอง เนื่องจากมีปริมาณแพลงก์ตอนและแบคทีเรียจำนวนมากจึงควรมีการดูดตะกอนไบโอ

โอฟลอคส์ปดาร์เคราะห์เพื่อลดปริมาณออร์โอฟอสเฟส-ฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามโอฟลอคจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อมีการเติมแหล่งคาร์บอนในระบบที่เหมาะสม และควรมีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานชีวภาพในตะกอนโอฟลอคเพื่อหามวลชีวภาพในแต่ละบ่อเพิ่มเติม เพื่อเป็นข้อยืนยันว่าปลาสามารถใช้ประโยชน์จากตะกอนโอฟลอคในการเจริญเติบโตได้มากน้อยเพียงใด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายฝ่าย ซึ่งทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ “ทุนศิษย์ก้นกุฏิ” ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่คอยแนะนำ และให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งอนุเคราะห์สถานที่ทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the AOAC. Association of official analytical chemists. Arlington. VA. USA.
- Avnimelech, Y. 2015. Biofloc Technology. The World Aquaculture Society. Baton Rouge. Louisiana, USA. 258 p.
- Azim, M.E., and Little, D.C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. 283: 29-35.
- Betagro, 2014. Guide to raising tilapia and red tilapia. [Online]. Available from <https://bit.ly/2D8r5xU> [2019, February 6] [in Thai]
- Chen, X., Luo, G., Tan, J., Tan, H., Yao, M. 2020. Effects of carbohydrate supply strategies and biofloc concentrations on the growth performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in biofloc systems. Aquaculture. 517:143-159.
- Ekasari, J., Rivandi, D.R., Firdausi, A.P., Surawidjaja, E.H., Jr, M.Z., Bossier, P., Schryver, P.D. 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. Aquaculture, 441:72-77.
- Khanthong, A. 2016. Biofloc and aquaculture. National institute of coastal aquaculture. [Online]. Available from http://www.nicaonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=642:biofloc&catid=42:2012-02-20-03-00-29&Itemid=124 [2019, February 6] [in Thai]
- Kutako, M. 2016. The rate of ammonia treatment of biofluff produced from saltwater microorganisms. Journal of Agriculture. 44(3):731-737. [in Thai]

- Pongthana, N. 2010. Successful cultivation of tilapia and red tilapia. Aquatic Animal Genetics Research and Development Institute. Pathumthani. 43 p. [in Thai]
- Promya, J. 2015. Biofloc system and organic tilapia production prototype for community enterprises Chiangmai Province. [Online]. Available from file:///C:/Users/ASUS/Downloads/erp256205152036080fb582b8f7aa446189395accf1066b34.pdf [2019, April 5] [in Thai]
- Rumrui, V., Chalosuntisakol, S., Silarudee, S., Kasatpikol, J. 2011. Effect of Probiotics on Growth Performance and Survival Rate in *Anabas testudineus*. Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University. 19:82-89. [in Thai]
- Sangrungruang, C. 2007. Biological monitoring. [Online]. Available from http://www.virtual.cmru.ac.th/multim_link/etheses/391484/C2_391484.pdf [2019, February 6] [in Thai]
- Traichaiyaporn, S. 1999. Water quality analysis. Chiang Mai University. Chiang Mai. 125 p. [in Thai]
- Wuttitam, S., Mueangkan, N., Lersutichawan, T., Jirapongsatontakul, N., Utanatun, K. 2018. Effect of Biofloc Produced from Different Carbon Sources on Immune Response of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Science and Technology Journal Ubon Ratchathani University. 20(2):1-13. [in Thai]

แคโรไทป์และอิดิโอแกรมของปลาก้าง (*Channa gachua*) จากจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบธรรมดาและแถบสีแบบนอร์

Karyotype Analysis and Idiogram in the *Channa gachua* from Phetchabun Province by Conventional Staining and Ag-NOR Banding Techniques

สุมาลี พิมพันธ์^{1*} สุรเชษฐ เอี่ยมสำอาง¹ และกาญจน์ คุ่มทรัพย์²

Sumalee Phimphan^{1*}, Surachest Aiumsumang¹ and Kan Khoomsab²

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000

¹Biology Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

²Education Science Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

*Corresponding author, E-mail: joodoof@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์แคโรไทป์และอิดิโอแกรมของปลาก้าง (*Channa gachua*) จากอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ใช้ตัวอย่างปลาเพศผู้และเพศเมียอย่างละ 10 ตัว เตรียมโครโมโซมโดยวิธีทางตรงจากไต ย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาและแถบสีแบบนอร์ ผลการศึกษาพบว่าปลาก้างมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 76 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 114 ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ตรวจไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศในปลาเพศผู้และเพศเมีย แคโรไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 14 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดกลาง 4 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 8 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 2 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 8 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดกลาง 2 แท่ง เทโลเซนทริกขนาดกลาง 36 แท่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 2 แท่ง ตำแหน่งโครโมโซมเครื่องหมายนอร์บนแขนข้างสั้นบริเวณปลายเทโลเมียร์ของโครโมโซมจำนวน 2 ตำแหน่ง ปลาก้างมีสูตรแคโรไทป์ ดังนี้ $2n (76) = L_{14}^m + M_{4}^m + L_{8}^{sm} + M_{2}^{sm} + L_{8}^a + M_{2}^a + M_{36}^t + S_2^t$

คำสำคัญ: ปลาก้าง แคโรไทป์ โครโมโซม

Abstract

Karyotype analysis and idiogram of dwarf snakehead (*Channa gachua*) were studied from Khao Kho District, Phetchabun Province. Kidney cell samples were taken from ten male and ten female fishes. Mitotic chromosome preparations were conducted using standard protocol. Conventional staining and Ag-NORs banding techniques were applied to stain the chromosomes. The results showed that the diploid chromosome number of *C. gachua* was $2n = 76$ and the fundamental number (NF) was 114 in both males and females. No heteromorphic sex chromosomes were found between male and female. Their karyotypes consisted of 14 large metacentric, 4 medium metacentric, 8 large submetacentric, 2 medium submetacentric, 8 large acrocentric, 2 medium acrocentric, 36 medium telocentric and 2 small telocentric chromosomes. The present study of NOR-bearing chromosome

as 2 regions, which showed clearly observable NOR. The karyotype formula is as follows: $2n (76) = L_{14}^m + M_4^m + L_8^{sm} + M_2^{sm} + L_8^a + M_2^a + M_{36}^t + S_2^t$

Keywords: *Channa gachua*, karyotype, chromosome

Introduction

The Channidae family (Actinopterygii, Perciformes) comprises 2 genera (*Channa* and *Parachanna*) and 29 recognized species (Nelson, 2006). There are 7 species found in Thailand (Courtenay and Williams 2004, Vidthayanon 2005). *Channa gachua* is commonly known as dwarf snakehead (Figure 1) (Hamilton, 1822). Dwarf snakeheads are common element of Southeast Asia's freshwater ichthyofauna. They can be found in all habitats, from mountain streams to polluted ponds. They are esteemed food fish for their tasty and firm, muscular flesh, and provide important subsistence fisheries in rural areas. Due to their ability to breathe atmospheric air and can tolerate very stagnant, poorly oxygenated, turbid and even very foul water (Rahman 1989).

There have only been few cytogenetic studies on the *C. gachua*. They showed a different diploid number (2n) and fundamental number (NF) such as 2n=78, NF=102 (Nayyar, 1966; Manna and Prasad, 1973), 2n=78, NF=104 (Sharma and Agarwal, 1981; Banerjee *et al.*, 1988), 2n=112 (Donsakul and Magtoon, 1991), 2n=52, NF=74 (Kumar *et al.*, 2013), 2n=104, NF=112 (Cioffi *et al.*, 2015). However, variations on chromosome number and morphology can be found between different populations of the same species or among different individuals of the same population and even in different cells of the same specimen (Diniz and Bertollo, 2006).

For the present study, karyotypes and other chromosomal markers such as these Ag-stained nucleolar organizer region (Ag-NOR) of *C. gachua* population from Khao Kho District, Phetchabun Province, Thailand were reported. This study was undertaken to investigate the genetic variation among chromosome of *C. gachua* using cytogenetic as well as chromosome markers to increase understanding of the taxonomy and to generate information useful for evolutionary and conservation genetics.

Materials and methods

Sample collection

Twenty males and females of *C. gachua* were obtained from Khao Kho District, Phetchabun Province, Thailand. The fish were transferred to laboratory aquaria and were kept under standard condition for 3 days prior to the experiments.

Chromosome preparation

Chromosomes were directly prepared *in vivo* follow the standard protocols (Supiwong *et al.* 2009; Cioffi *et al.*, 2015). Briefly, 0.05% colchicine was injected to fish's abdominal (1 ml:100 g body weight) and left it for 1 hour. Kidney tissue were removed and cut into small pieces then gently mixed with hypotonic solution (0.075 M KCl). After discarding all large piece tissues, 7 mL of cell sediments as transferred to centrifuge tube and incubated for 30 minutes. The supernatant was discarded after centrifugation at 2,000 rpm for 10 minutes. For cell fixation, cell pellet was resuspended with 7 mL of Canoy's fixative solution. The supernatant was removed after centrifugation at 2,000 rpm for 10 minutes. The fixation was repeated until the supernatant was clear. Finally, the cell pellet was resuspended with 1 mL fixative solution. The cell suspension was dropped onto a clean and cold slide by micropipette followed by air-dry technique.

Chromosome staining

Conventional staining was performed by using 20% Giemsa's solution for 30 minutes (Phimphan *et al.*, 2015). Ag-NOR banding was carried out by adding 2 drops of 50% silver nitrate and 2% gelatin on slides, respectively (Howell and Black, 1980). The slides were then sealed with cover glasses and incubated at 60°C for 5 minutes. After that the slides were soaked in distilled water until the cover glasses were separated.

Karyotype analysis

Chromosome counting was performed on mitotic metaphase cells under light microscope (Table 1). Twenty clearly observable and well spread chromosomes plates cells of each male and female were selected and photographed. The metaphase figures were analyzed according to the chromosome classification by Turpin and Lejeune (1965). The centromeric index (CI) between 0.50–0.59, 0.60–0.69, 0.70–0.89 and 0.90–0.99 were described as metacentric, submetacentric, acrocentric and telocentric chromosomes, respectively. The fundamental number, number of chromosome arm or NF, is calculated by assigning a value of 2 to metacentric, submetacentric and acrocentric chromosomes and 1 to telocentric chromosome.



Figure 1 General characteristics of the dwarf snakehead (*C. gachua*), scale bar indicates 3 cm.

Table 1 Chromosome number of *C. gachua* from 100 metaphases.

Chromosome number (2n)	Cells
68	3
69	1
70	1
72	3
73	3
74	6
75	7
76	54
77	7
78	7
79	4
80	3
81	1

Results and discussion

The diploid chromosome number (2n) of *C. gachua* was 76 chromosomes. 2n was counted from 100 metaphases (Table 1). This differs from previous studies which is 72 (Nayyar 1966), Manna and Prasad 1973, Sharma and Agarwal 1981, 78 Banerjee *et al.* 1988, 112 Donsakul and Magtoon 1991, 52 Kumar *et al.* 2013 and 104 Cioffi *et al.* 2015 as shown in Table 2. The differences may be attributed to the specimens utilized in the present work is collected from Khao Kho District, Phetchabun Province, which were different from those utilized by the literature (different population).

Intra-specific variations of the 2n and NF in *C. gachua* in some ways suggest processes of pericentric inversions between chromosomes during chromosomal evolution. Furthermore, the differences may be attributed to different inter-population variation in this species (Kirpichnikov, 1981).

The fundamental number (NF) of *C. gachua* was in this study 114 in both males and females. The comprise with previous reported showed the different NF as those found 102 (Nayyar, 1966; Manna and Prasad, 1973), 104 (Sharma and Agarwal, 1981; Banerjee *et al.*, 1988), 74 (Kumar *et al.*, 2013), 112 (Cioffi *et al.*, 2015) (Table 2).

No differences between male and female karyotypes were observed (Figure 2) indicate no cytologically sex chromosome. The karyotype consisted of 18 metacentric, 10 submetacentric, 10 acrocentric, 36 medium telocentric and 2 acrocentric chromosomes. It differs from all previous report of Nayyar (1966) that found the karyotype of *C. gachua* consisting of 12 metacentric, 12 submetacentric and 54 telocentric (acrocentric) chromosomes. Sharma and Agarwal (1981) reported the karyotype consists of 10 metacentric, 8 submetacentric, 8 subtelocentric and 52 telocentric chromosomes. Banerjee *et al.* (1988) reported that the karyotype of this species composes of 16 metacentric, 10 submetacentric and 52 telocentric chromosomes. Donsakul and Magtoon (1991) reported that karyotypes of *C. gachua* consist of 2 metacentric, submetacentric and 53 telocentric (acrocentric) chromosomes, while Manna and Prasad (1973) reported the chromosome analysis composing of 12 metacentric, 12 submetacentric, 4 subtelocentric and 50 telocentric chromosomes. Kumar *et al.* (2013) reported the karyotype comprised 12 metacentric, 10 submetacentric, 14 subtelocentric and 16 telocentric chromosomes, then in 2015 Cioffi *et al.* report that the karyotype composes of 8 acrocentric and 96 telocentric chromosomes (Table 2). The length of short arm chromosome, length of long arm chromosome, length of total arm chromosomes, relative length, centromeric index, standard deviation of RL and CI, size and type of chromosome are presented in table 3 and showed that the mean value of relative length ranged from 0.039 ± 0.001 to 0.023 ± 0.001 . The present study karyotype formula for *C. gachua* is as follows: $2n (76) = L_{14}^m + M_4^m + L_8^{sm} + M_2^{sm} + L_8^a + M_2^a + M_{36}^t + S_2^t$

Table 2 Comparative karyological variation in *C. gachua*

Species	2n	NF	Karyotype formula	References
<i>C. gachua</i>	78	102	12m + 12sm + 54t/a	Nayyar (1966)
	78	104	10m + 8sm + 8st + 52t	Sharma and Agarwal (1981)
	78	104	16m + 10sm + 52t	Banerjee <i>et al.</i> (1988)
	112	-	2m + 1sm + 53t(a)	Donsakul and Magtoon (1991)
	78	102	12m + 12sm + 4st + 50t	Manna and Prasad (1973)
	52	74	12m + 10sm + 14st + 16t	Kumar <i>et al.</i> (2013)
	104	112	8a+96t	Cioffi <i>et al.</i> (2015)
	76	114	18m+10sm+10a+38t	Present study

Remarks: 2n = diploid chromosome number, NF = fundamental number, m = metacentric chromosome, sm = submetacentric chromosome, a = acrocentric chromosome, t = telocentric chromosome, and - = not available.

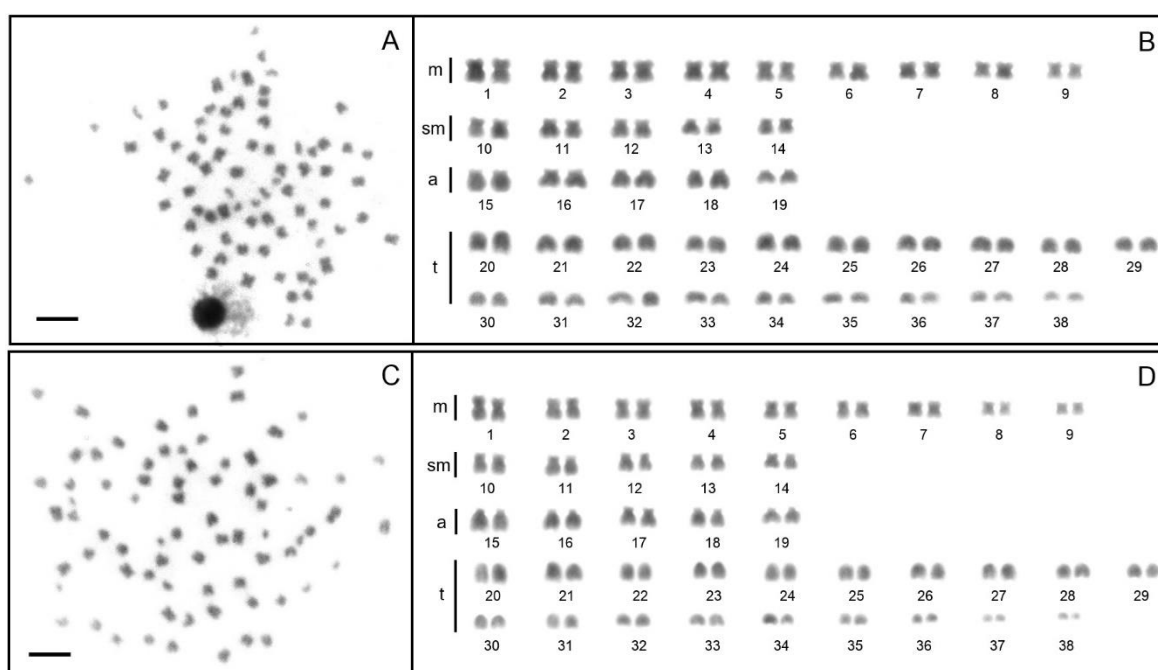


Figure 2 Metaphase chromosome plate of dwarf snakehead (*C. gachua*) male (A), female (C) and karyotype male (B), female (D), 2n (diploid) = 76 by conventional staining, scale bar indicates 2 μ m. There is no observation of strange size chromosome related to sex.

The development of silver staining technique to detect metaphase chromosome sites of NORs has greatly facilitated comparative studies of NORs variation. Silver staining of NORs is considered as one of the standard banding methods. The staining displayed terminal Ag-NOR chromosome as 2 regions which are on submetacentric chromosomes (Figure 3). It differs from Cioffi *et al.* (2015) which has interstitial Ag-NOR as 4 regions. This is the first demonstrated Ag-NOR bands in the dwarf snakehead fishes from Northern, Thailand. The location of NOR presented on different chromosome pair in the karyotype implied that those can be a chromosome marker for each fish species. The chromosome length and relative chromosome length were used to construct the standardized idiogram. The idiogram clearly revealed the chromosomes to occur in different size groups of large, medium and small (Figure 4). Such studies are useful in resolving taxonomic ambiguities among closely related fish (Genus *Channa*) species and can also throw light on karyoevolution and speciation of the fish species.

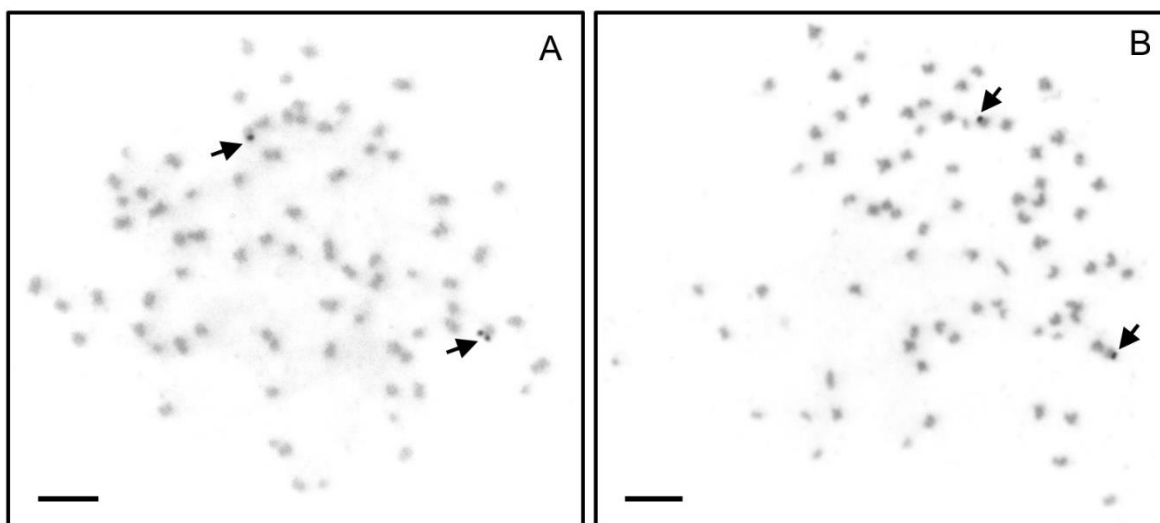


Figure 3 Metaphase chromosome plates of male (A) and female (B) dwarf snakehead (*C. gachua*), $2n$ (diploid) = 76 by Ag-NORs staining technique, scale bars indicate 2 μ m. The clearly observable nucleolar organizer regions/NORs, (arrows).

Table 3 Mean length of short arm chromosome (Ls), length of long arm chromosome (LI), length of total chromosomes (LT), relative length (RL), centromeric index (CI) from 20 metaphases of male and female dwarf snakehead (*C. gachua*), 2n (diploid) = 76.

Chromosome pair	Ls (μm)	LI (μm)	LT (μm)	CI±SD	RL±SD	Chromosome Size	Chromosome Type
1	1.630	2.266	3.896	0.582±0.005	0.039±0.001	Large	metacentric
2	1.438	2.092	3.530	0.593±0.021	0.035±0.001	Large	metacentric
3	1.561	2.017	3.577	0.566±0.024	0.035±0.001	Large	metacentric
4	1.413	1.896	3.309	0.575±0.023	0.033±0.000	Large	metacentric
5	1.229	1.847	3.076	0.593±0.033	0.030±0.000	Large	metacentric
6	1.287	1.704	2.990	0.571±0.021	0.030±0.001	Large	metacentric
7	1.168	1.534	2.702	0.565±0.019	0.027±0.002	Large	metacentric
8	1.249	1.345	2.595	0.519±0.006	0.026±0.001	Medium	metacentric
9	1.062	1.284	2.347	0.544±0.034	0.023±0.001	Medium	metacentric
10	1.195	2.013	3.209	0.628±0.003	0.032±0.001	Large	submetacentric
11	1.160	2.029	3.189	0.637±0.017	0.032±0.000	Large	submetacentric
12	1.068	1.854	2.921	0.634±0.001	0.029±0.001	Large	submetacentric
13	1.011	1.758	2.769	0.636±0.010	0.027±0.000	Large	submetacentric
14	0.853	1.498	2.351	0.639±0.020	0.023±0.001	Medium	submetacentric
15	0.789	2.829	3.618	0.781±0.009	0.036±0.000	Large	acrocentric
16	0.856	2.382	3.238	0.736±0.009	0.032±0.003	Large	acrocentric
17	0.828	2.119	2.947	0.718±0.029	0.029±0.001	Large	acrocentric
18	0.850	2.233	3.083	0.723±0.015	0.030±0.000	Large	acrocentric
19	0.679	1.806	2.485	0.727±0.004	0.025±0.002	Medium	acrocentric
20	0.000	3.420	3.420	1.000±0.000	0.034±0.001	Medium	telocentric
21	0.000	3.070	3.070	1.000±0.000	0.030±0.001	Medium	telocentric
22	0.000	2.917	2.917	1.000±0.000	0.029±0.000	Medium	telocentric
23	0.000	2.688	2.688	1.000±0.000	0.027±0.000	Medium	telocentric
24	0.000	2.858	2.858	1.000±0.000	0.028±0.001	Medium	telocentric
25	0.000	2.646	2.646	1.000±0.000	0.026±0.000	Medium	Telocentric
26	0.000	2.537	2.537	1.000±0.000	0.025±0.000	Medium	telocentric
27	0.000	2.414	2.414	1.000±0.000	0.024±0.001	Medium	telocentric
28	0.000	2.505	2.505	1.000±0.000	0.025±0.000	Medium	telocentric
29	0.000	2.176	2.176	1.000±0.000	0.021±0.001	Medium	Telocentric
30	0.000	2.178	2.178	1.000±0.000	0.022±0.001	Medium	telocentric

Table 3 Continue.

Chromosome pair	Ls (μm)	LI (μm)	LT (μm)	CI±SD	RL±SD	Chromosome Size	Chromosome Type
31	0.000	2.031	2.031	1.000±0.000	0.020±0.000	Medium	telocentric
32	0.000	2.050	2.050	1.000±0.000	0.020±0.000	Medium	telocentric
33	0.000	1.879	1.879	1.000±0.000	0.019±0.002	Medium	telocentric
34	0.000	1.840	1.840	1.000±0.000	0.018±0.000	Medium	telocentric
35	0.000	1.683	1.683	1.000±0.000	0.017±0.002	Medium	telocentric
36	0.000	1.657	1.657	1.000±0.000	0.016±0.001	Medium	telocentric
37	0.000	1.392	1.392	1.000±0.000	0.014±0.001	Medium	telocentric
38	0.000	1.377	1.377	1.000±0.000	0.014±0.002	Small	telocentric

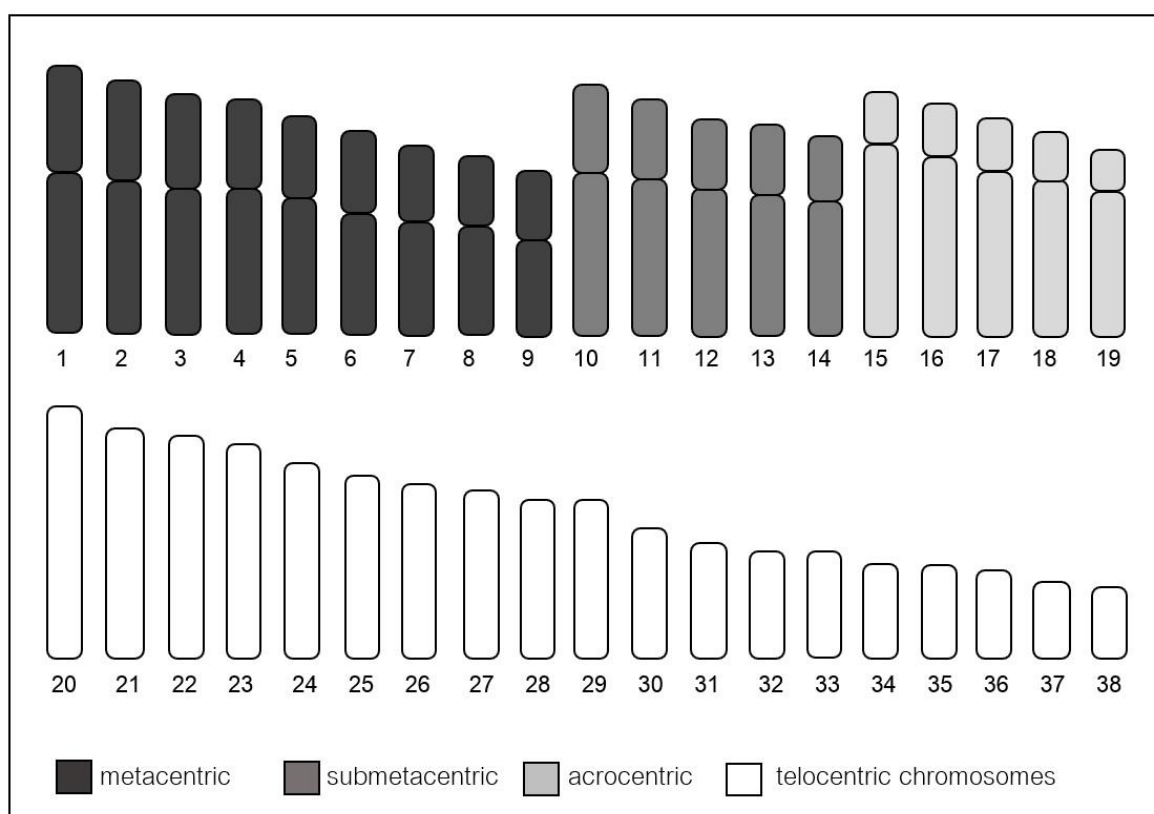


Figure 4 Standard idiogram showing length and shape chromosome of dwarf snakehead (*C. gachua*) demonstrated the haploid set (n=38) by conventional staining techniques.

Acknowledgments

This work was supported by research grants of new researcher budget year 2019, Phetchabun Rajabhat University and grateful to Prof. Dr. Alongklod Tanomtong for suggestion.

References

- Banerjee, S.K., Mishra, K.K., Banerjee, S. and Ray-Chaudhuri, S.P. 1988. Chromosome number, genome sizes, cell volumes and evolution of snake-head fish (family Channidae) Fish Biology 33(5): 781–789.
- Cioffi, B.M., Bertollo, L.N.C, Villa, M.A., Oliveira, E.A., Tanomtong, A., Yano, C.F., Supiwong, W. and Chaveerach, A. 2015. Genomic Organization of Repetitive DNA Elements and Its Implications for the Chromosomal Evolution of Channid Fishes (Actinopterygii, Perciformes). PLOS one DOI:10.1371/journal.pone.0130199.
- Courtenay, W. R. and Williams, J. D. 2004. Snakeheads-A Biological Synopsis and Risk Assessment. U.S. Geological Survey, Denver.
- Diniz, D. and Bertollo, L.A.C. 2006. Intra- and inter-individual chromosome variation in *Hoplerethrinus unitaeniatus* (Pisces, Erythrinidae). A population from the Brazilian São Francisco river basin. Genetics Molecular Biology 29: 453–458.
- Donsakul, T. and Magtoon, W. 1991. Chromosome study on five species of channid fishes (Channa, family Channidae), from Thailand. Proceedings of the 29th Kasetsart University Annual Conference: Animal Science, Veterinary Science, Aquaculture; 1991 Feb 4–7; Kasetsart University, Bangkok (Thailand). p. 561–574. Published by FAO and NACA at Bangkok.
- Howell, W.M. and Black, D.A. 1980. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method. Experientia 36: 1014–1015.
- Kirpichnikov, V.S. 1981. Genetic Bases of Fish Selection. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Kumar, R., Kushwaha, B., Nagpure, S.N., Behera, K.B. and Lakra, S.W. 2013. Karyological and molecular diversity in three freshwater species of the genus *Channa* (Teleostei, Perciformes) from India. Caryologia 66(2): 109–119.
- Manna, G.K. and Prasad, R. 1973. Chromosome in three fishes (*Channa*). Nucleus 16(3): 150–157.
- Nayyar, R.P. 1966. Karyotype studies in thirteen species of fishes. Genetica 37(1): 78–92.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. 4th ed. New York: John Wiley & Sons.

- Phimphan, S., Supiwong, W. and Khakhong, S. 2015. Standardized Karyotype and Idiogram of False Clown Anemonefish, *Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830 (Amphiprioninae, Perciformes). Journal of Fisheries Technology Research 9(1): 43-52.
- Rahman, A.K.A. 1989. Freshwater fishes of Bangladesh. Published by Zoological Society of Bangladesh. Department of Zoology, University of Dhaka. Bangladesh 364 p.
- Sharma, O.P. and Agrawal, A. 1981. Cytogenetic studies in two species of genus *Channa*. Perspective Cytology Genetics 3: 57–61.
- Supiwong, W., Jearanaiprepameand, P. and Tanomtong, A. 2009. A new report of karyotype in the chevron snakehead fish, *Channa striata* (Channidae, Pisces) from Northeast of Thailand. Cytologia 74(3): 317–322.
- Turpin, R. and Lejeune, J. 1965. Les Chromosomes humans. Cornell University: Gauthier-Villars.
- Vidthayanon, C. 2005. Handbook of Freshwater Fish. 2nd ed. Sarakadee press, Bangkok.

การประยุกต์ใช้แบบจำลองการวิเคราะห์เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตและความสามารถในการทำกำไรสำหรับการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*)

Application of Spreadsheet-Based Analytical Model to Assess Production Potential and Profitability of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*) Farming

วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม^{1*} วาสนา อากรณ์รัตน์¹ ปณิธาน แก้วจันทวี² และอนรรักษ์ สุขดารา¹

Vutthichai Oniam^{1*}, Wasana Arkronrat¹, Panitan Kaewjantawee² and Anurak Sookdara¹

¹สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ 77000

²สถานีวิจัยประมงสมุทรสงคราม คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม 75000

¹Klongwan Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Mueang, Prachuap Khiri Khan 77000.

²Samut Songkhram Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Mueang, Samut Songkhram 75000.

*Corresponding author e-mail address: ffsvco@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์โดยใช้สเปรดชีต (S-BSC โมเดล) สำหรับใช้เป็นแนวทางในการประเมินศักยภาพการผลิตและความสามารถในการทำกำไรของการดำเนินการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*) ทั้งนี้ S-BSC โมเดลนี้พัฒนาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบด้วย พื้นที่เลี้ยง อัตราปล่อย จำนวนที่หลบซ่อน ขนาดที่คาดว่าจะจับ รวมไปถึงต้นทุนด้านลูกพันธุ์ อาหาร ต้นทุนอื่น ๆ และราคาขายผลผลิต จากนั้นสเปรดชีตจะแสดงข้อมูลด้านการผลิต (วันที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต อัตราการรอดตาย ผลผลิตที่คาดว่าจะได้ อัตราการให้อาหาร ปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมด อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ) ต้นทุน ผลตอบแทน และความสามารถในการทำกำไรตามหลักเศรษฐศาสตร์ (มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนต้นทุนผลประโยชน์ อัตราผลตอบแทนภายใน โครงการ และความเสี่ยงของการลงทุน) ผลการทดสอบสรุปได้ว่า แบบจำลอง S-BSC นี้สามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุนประกอบกิจการเพาะเลี้ยงปูม้าได้

คำสำคัญ: ปูม้า, การเลี้ยง, แบบจำลองการวิเคราะห์

Abstract

The objective of the present study was to develop a spreadsheet-based analytical model (S-BSC model) to assess production potential and profitability to encourage blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) farming. The S-BSC model has been developed base on Microsoft Excel program, and data used were obtained from various of secondary data including culture area, density of crab rearing, number of shelters, market size, crab larvae cost, feed cost, other costs and price of productivity. Then the outputs shown the data of productivity (date of harvest, survival rate, yield, feeding rate, total feeding, average daily growth and feed conversion ratio), cost and benefit, and

profitability (i.e. net present value, benefit-cost ratio, internal rate of return, switching value tests of cost and benefit) in a spreadsheet. This finding indicated that the S-BSC model presented powerful capability to encourage both the potential and risk of crab farming.

Keywords: blue swimming crab, culture, spreadsheet-based analytical model

Introduction

The blue swimming crab, *Portunus pelagicus*, is a commercially important marine crustacean species. This species is distributed throughout the coastal waters of tropical regions of the western Indian Ocean and the Eastern Pacific. The crab is highly demanded of domestic consumption and export products of many countries in Asia, especially Thailand. However, overfishing problem shown a downward trend of total catch of overall marine crabs since 2009 (Department of Fisheries, 2019; Hamid *et al.*, 2016). Therefore, many countries are actively involved in crab aquaculture and associated research, e.g. the Philippines, Indonesia, India, Australia, Malaysia and Thailand (Josileen and Menon, 2005; Romano and Zeng, 2008; Oniam and Arkronrat, 2013. For aquaculture, understanding of female reproductive biology and the development of crab broodstock rearing were successful in larval production (Tanasomwang *et al.*, 2002; Xiao and Kumar, 2004; Arshad *et al.*, 2006; Oniam *et al.*, 2010, 2012; Oniam and Arkronrat, 2014, 2015; Epifanio and Cohen, 2016). Unfortunately, up to now the crab culture have not been established on a commercial farm scale because of low productivity (Maheswarudu *et al.*, 2008; Andrés *et al.*, 2010; Liao *et al.*, 2011; Oniam *et al.*, 2011a; Oniam and Arkronrat, 2013; Ravi and Manisseri, 2013; Azra and Ikhwanuddin, 2015). This is a major bottleneck of commercial marine crab aquaculture development.

Previous studies on the culture of *P. pelagicus* in grow-out ponds has identified the main causes that bring the low survival rate, which are cannibalism (Marshall *et al.*, 2005; Oniam *et al.*, 2011b), nutritional quality of feed (Soundarapandian and Dominic Arul Raja, 2008; Oniam *et al.*, 2012), water quality (Romano and Zeng, 2007; Liao *et al.*, 2011) and pond bottom soil quality (Oniam and Arkronrat, 2013; Oniam *et al.*, 2016). To improve income of crab farming, more knowledge about optimal farm management is essential, e.g. investigated the effect of feeding frequency (Oniam *et al.*, 2016), impact of the type and number of shelters (Oniam *et al.*, 2020), and the impact of different pond bottom soil substrates (Oniam *et al.*, 2018). In addition, to meet this goal, an alternative simulation for crab production is essential to be used. The result of this study is one of alternative design and decision support for crab farm management of farmers.

Materials and Methods

Spreadsheet review and description

The spreadsheet-based analytical model for blue swimming crab culture implementation (S-BSC model) was executed on Microsoft Excel program platform, i.e. production potential and profitability. This spreadsheet equation was also shown in a display formula format. Data processing in this spreadsheet were based on input information both scientific and economic data.

Data management and analysis

The scientific knowledge of *P. pelagicus* production from the grow-out system and simulated earthen pond conditions of the Klongwan Fisheries Research Station, Prachuap Khiri Khan province, Thailand during 2011–2016 (Oniam *et al.*, 2011a, 2012, 2016; Oniam and Arkronrat, 2013, 2015) and the other literature review of this crab culture that a similar conditions, e.g. salinity ranged between 29 to 33 ppt, temperature between 28 to 31 °C, DO between 4.5 to 6.0 mg L⁻¹, pH between 7.8 to 8.5, total ammonia between 0.0 to 0.4 mg-N L⁻¹, nitrite between 0.0 to 0.2 mg N L⁻¹, and alkalinity between 100 to 140 mg L⁻¹ as CaCO₃ (Marshall *et al.*, 2005; Chaipayat *et al.*, 2008; Maheswarudu *et al.*, 2008; Soundarapandian and Dominic Arul Raja, 2008; Oniam and Arkronrat, 2015) were synthetic and were generated to be used for developing models of crab farming in the example spreadsheet in this paper.

Normally, the rapid assessment technique base on the S-BSC model was used for evaluation exercise, including descriptive statistics and quantitative methods. Simple descriptive statistics such as environmental conditions, crab production, cost and benefit as the mean and percentages were used to achieve production potential.

The quantitative method was used to assess profitability. This component shows financial indicators that measure the profitability of the project (Chuchee, 2001). Mainly was the net present value (NPV), the benefit-cost ratio (BCR) and the internal rate of return (IRR). The output of the NPV, BCR and IRR in S-BSC model were calculated based on Equations 1 to 3, respectively:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \dots\dots\dots (1)$$

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n C_t (1+r)^{-t}} \text{ or } = \frac{PVB}{PVC} \dots\dots\dots (2)$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

In addition, the sensitivity analysis concerning was done to assess the financial risk of crab farming operation, using a switching value tests of cost (SVT_C) and benefit (SVT_B). The output of SVT_C and SVT_B in S-BSC model were calculated based on Equations 4 to 5, respectively:

$$SVT_C = \frac{NPV}{PVC} \times 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$SVT_B = \frac{NPV}{PVB} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

where PVC = present value of costs, PVB = present value of benefits, t = time period of the project (1 year), B_t = benefit of project at time “t”, C_t = cost of project at time “t”, r = discount rate (7.50 % per year).

Results and Discussion

The S-BSC model as it displays shown in Figure 1. Various areas of the spreadsheet are grouped and have headings displayed in bolds. Required input data (i.e., culture area, the density of crab rearing, number of shelters in the pond, market size, crab larvae cost, feed cost, other costs and price of productivity) are in Column B (cell B3–B10) of the spreadsheet. Then the results of output data calculations (i.e., productivity, cost and benefit, and profitability) are shown in Column B (cell B13–B43) of the spreadsheet. The spreadsheet equations are also shown in a ‘display formula’ format in Column D of Figure 1, so that it can be recreated by someone who wants to modify for specific uses. To start using the S-BSC model, the user must input required data information as following. In the example of the spreadsheet as obtainable in (Figure 1), the user inputs the crab culture area (m²) in cell B3. The density of crab rearing is input in cell B4, and recommend that crab larvae with a carapace width of 1.5–2.0 cm at 3–7 crabs per m² (Maheswarudu *et al.*, 2008; Oniam *et al.*, 2010; Oniam and Arkronrat, 2013). The number of shelters in the pond is inputted in cell B5 (0–5 shelters per m²). Many researchers have recommended that when rearing brachyuran crabs some shelters should be applied in the culture pond to increase the survival rate, and the survival of crab increased with increasing numbers of shelter, e.g. the stems of coconut leaves and 90° bent-plastic plates as

shelters (Luppi *et al.*, 2001; Marshall *et al.*, 2005; Oniam *et al.*, 2011b; Shelley and Lovatelli, 2011; Mirera and Moksnes, 2013; Oniam and Arkronrat, 2013; Oniam *et al.*, 2020). The user then inputs the market size, crab larvae cost and feed cost (shrimp feed, 38% protein) in cell B6, B7 and B8, respectively. The other costs (e.g. materials, not labor and public utility value) are input in cell B9. Finally, the user inputs the price of productivity in cell B10.

	A	B	C	D
1	Spreadsheet-based analytical model for blue swimming crab culture implementation (S-BSC model)			
2	Input	Values	Units	
3	Culture area	1,600	m ²	
4	Density of crab rearing (recommend that 3-7 crabs/m ²)	5	crabs/m ²	
5	No. of shelter in pond (0-5 shelters/m ²)	3	shelters/m ²	
6	Market size (crab weight)	70	g/crab	
7	Crab larvae cost	1.5	THB/crab	
8	Feed cost	28	THB/kg	
9	Other costs (not labor and public utilities value)	3,000	THB	
10	Price of productivity	150	THB/kg	
11	Output			
12	1. Productivity Calculations	Values	Units	Calculation Formula
13	Total seed used	8,000	crabs	=B4*B3
14	Culture period	117	days	=(B6+15.981)/0.7379
15	Survival rate	64.6	%	=IF(B5=0,(-0.4401*B14)+99.455,IF(B5=1,((-0.4401*B14)+99.455)*118.6)/100,IF(B5<6,(((0.4401*B14)+99.455)*134.1)/100)))
16	Crab yield	361.8	kg	=(B15*B13)/100*B6/1000
17	Feeding rate (feeding program)			
18	at 1-30 days of culture	2.9	kg/day	=(((((0.4401*30)+99.455)*B13)/100)*1.4)*30/100/1000
19	at 31-60 days of culture	4.3	kg/day	=(((((0.4401*30)+99.455)*B13)/100)*12.6)*5/100/1000
20	at 61-90 days of culture	9.0	kg/day	=(((((0.4401*30)+99.455)*B13)/100)*43.7)*3/100/1000
21	at 91-120 days of culture	15.2	kg/day	=(((((0.4401*30)+99.455)*B13)/100)*73.4)*3/100/1000
22	at 121 days onwards	21.8	kg/day	=(((((0.4401*30)+99.455)*B13)/100)*105.2)*3/100/1000
23	Total feeding	944.6	kg	=IF(B14<90,(B18*30)+(B19*30)+(B20*30),IF(B14<121,(B18*30)+(B19*30)+(B20*30)+(B21*30),IF(B14>122,(B18*30)+(B19*30)+(B20*30)+(B21*30)+(B14-121)*B22)))
24	ADG	0.60	g/day	=B6/B14
25	FCR	2.61		=B23/B16
26	2. Cost and Benefit Calculations	Values	Units	Calculation Formula
27	Seed cost	12,000	THB	=B13*B7
28	Feed cost	26,448	THB	=B8*B23
29	Other costs	3,000	THB	=B9
30	Total cost (not labor and public utilities value)	41,448	THB/pond	=B27+B28+B29
31	Total revenue	54,265	THB/pond	=B16*B10
32	Net cash return	12,817	THB/pond	=B31-B30
33	3. Profitability Calculations	Values	Units	Calculation Formula
34	Cost	82,896	THB/year	=IF(B14<100,B30*3,IF(B14>100,B30*2))
35	Revenue	108,530	THB/year	=IF(B14<100,B31*3,IF(B14>100,B31*2))
36	Net cash return	25,635	THB/year	=IF(B14<100,B32*3,IF(B14>100,B32*2))
37	Present value of costs (PVC)	652,029	THB	=(B34/1.075)+(B34/1.155)+(B34/1.242)+(B34/1.335)+(B34/1.435)+(B34/1.543)+(B34/1.659)+(B34/1.783)+(B34/1.917)+(B34/2.061)+B34
38	Present value of benefits (PVB)	745,134	THB	=(B35/1.075)+(B35/1.155)+(B35/1.242)+(B35/1.335)+(B35/1.435)+(B35/1.543)+(B35/1.659)+(B35/1.783)+(B35/1.917)+(B35/2.061)
39	Net present value (NPV)	93,104	THB	=B38-B37
40	Benefit cost ratio (BCR)	1.14		=B38/B37
41	Internal rate of return (IRR)	30.92	%	=(B35-B34)*100/B34
42	Switching value tests of cost (SVTC)	14.28	%	=(B39/B37)*100
43	Switching value tests of benefit (SVTB)	12.49	%	=(B39/B38)*100

Figure 1 The spreadsheet-based analytical model for blue swimming crab farming (S-BSC model).

Then the output of total seed used, culture period, survival rate, yield, feeding rate, total feeding, average daily growth (ADG) and feed conversion ratio (FCR) were calculated, and shown in cell B13–B25, respectively. In addition, the output of cost and benefit calculations, including profitability calculations were also shown in cell B27–B43.

For example, in the current S-BSC model, if the implementation of crab culture in a 1,600 m² earthen pond at the density of 5 crabs per m² with 3 shelters per m² and want a market size is 70 g crab⁻¹. Crab larvae, feed and other costs were 1.5 THB crab⁻¹, 28 THB kg⁻¹ and 3,000 THB, respectively, and price of productivity was 150 THB kg⁻¹. Results reported that:

(i) *Productivity*, can harvest at 117 days of the culture period, the survival rate of crab was about 64.6 % and yield was about 361.8 kg per pond. For feeding program, during the culture period of 1–30, 31–60, 61–90 and 91–120 days, crabs were fed (marine shrimp feed, 38 % protein) at about 2.9, 4.3, 9.0 and 15.2 kg day⁻¹, respectively. The total feeding was about 944.6 kg per pond. ADG and FCR of crab reared were about 0.60 g day⁻¹ and 2.61, respectively.

(ii) *Cost and benefit*, seed, feed and other costs of this crab culture implementation were 12,000, 26,448 and 3,000 THB, respectively. Total cost, total revenue and net cash return were 41,448, 54,265 and 12,817 THB per pond.

(iii) *Profitability*, NPV, BCR, IRR, SVT_C and SVT_B of this crab culture implementation were 93,104 THB, 1.14, 30.92 %, 14.28 % and 12.49 %, respectively. This mean investment of this crab culture implementation covers the cost (according to NPV was a positive value and IRR higher than the discount rate, 7.50 %), and have a low risk of crab farming operation.

These outputs were alternative design and decision support for crab farm management strategies of farmers. After the simulation results were obtained, it was often of interest to the crab farmer to see which inputs have affected the outputs the greatest and by how much. The profitability analysis was performed on the S-BSC model in order to see which of the analyzed inputs affect net income. This model can be used to test the effect on costs and returns of changes in culture area, the density of crab rearing, market size, feed cost, other costs and price of productivity.

Previous studies on the culture of crab found that revenue from crab production of 50–70 g crab⁻¹ (15–20 crabs kg⁻¹) in earthen ponds would not cover the cost, and it had a relatively high risk due to the changes in cost and benefit of investments (Oniam *et al.*, 2011a). But from the spreadsheet example of current study estimated that if the investment of this crab culture implementation, i.e. culture of crab in a 1,600 m² earthen pond at the density of 5 crabs per m² with 3 shelters per m² and at harvest size of 70 g crab⁻¹ while in case of the costs of crab larvae, feed and others were 1.5 THB

crab⁻¹, 28 THB kg⁻¹ and 3,000 THB, respectively, and sale price is 150 THB kg⁻¹, the result shows this investment obtains profit. This indicated that the S - BSC model would be helpful to further encourage crab culture implementation to assess potential and risk of crab farming.

For aquaculture, the facility design and management planning require expertise in a variety of disciplines and an ability to perform the computationally intensive analysis; the quantitative procedures were required to model these processes. To address these challenges, computer software tools for management planning can embody expertise in aquaculture science (Ernst *et al.*, 2000; Losordo and Hobbs, 2000; Kankainen *et al.*, 2014; Moran *et al.*, 2016). The production and profitability decision tools aim to assist farmers and potential investors understand the costs and benefits, and risks involved in the production. In the current study, all data in the S-BSC model were also used to estimate the production potential and profitability analysis as well as for the method that can help identify those management strategies conducive to the maximization of farm income. The model provided by this analysis is a simulation type model that tries to quantify the risk and uncertainty associated with crab production. This may be a guideline for crab farmers in order to develop their own models based upon their experiences and further apply it to decision-making and crab farm management. However, validity of this technique depends on the accruing and completely of data inputs.

Conclusions

In conclusion, this paper has been able to provide an overview of the components, methods and capacities by using the spreadsheet- based analytical model for blue swimming crab, *P. pelagicus* culture design and planning. This preliminary finding indicated that S-BSC model would be helpful to further encourage crab culture, and to assess potential and risk of the crab farming. The authors recommend that this technique should be more developed for modern commercial farming.

Acknowledgments

This study was under the Project of “Potential Development of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) Broodstock and Seed Productions for Conservation and Crab Culture Implementation”, supported by a grant from the Kasetsart University Research and Development Institute, Bangkok, Thailand. The authors would like to thank Mr. Tepabut Wechakama at the Klongwan Fisheries Research Station and Dr. Kanonkporn Kessuwan at the Department of Fisheries, Thailand for data support. We would sincerely like to thank Associate Professor Dr. Wara Taparhudee

and Assistant Professor Dr. Suriyan Tunkijjanukij at the Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand for their valuable comments and suggestion.

References

- Andrés, M, Rotllant, G., and Zeng, C. 2010. Survival, development and growth of larvae of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus*, cultured under different photoperiod condition. *Aquaculture* 300: 218-222
- Arshad, A, Efrizal, Kamarudin, M.S., and Saad, C.R. 2006. Study on fecundity, embryology and larval development of blue swimming crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) under laboratory conditions. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology* 1(1): 35-44.
- Azra, M.N., and Ikhwanuddin, M. 2015. Larval culture and rearing techniques of commercially important crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758): Present status and future prospects. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 37(2): 135-145.
- Chucheep, P. 2001. Economics of project analysis. Kasetsart University, Bangkok. 230 pp. [in Thai]
- Department of Fisheries. 2019. Fisheries statistics of Thailand 2017. Fisheries Development Policy and Strategy Division, Bangkok. 87 pp. [in Thai]
- Epifanio, C.E., and Cohen., J.H. 2016. Behavioral adaptations in larvae of brachyuran crabs: A review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 482: 85-105.
- Ernst, D.H., Bolte, J.P., and Nath, S.S. 2000. AquaFarm: simulation and decision support for aquaculture facility design and management planning. *Aquacultural Engineering* 23: 121-179.
- Hamid, A., Wardiatno, Y., Lumbanbatu, D.T.F., and Riani, E. 2016. Stock status and fisheries exploitation of blue swimming crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus 1758) in Lasongko Bay, Central Buton, Indonesia. *Asian Fisheries Science* 29: 206-219.
- Josileen, J., and Menon, N. 2005. Growth of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) (Decapoda, Brachyura) in captivity. *Crustaceana* 78: 1-18.
- Kankainen, M., Nielsen, P., and Vielma, J. 2014. Economic feasibility tool for fish farming – case study on the Danish model fish farm in Finnish production environment. Finnish Game and Fisheries Research Institute, Helsinki. 23 pp.
- Liao, Y.Y., Wang, H.H., and Lin, Z.G. 2011. Effect of ammonia and nitrite on vigour, survival rate, moulting rate of the blue swimming crab *Portunus pelagicus* zoea. *Aquaculture International* 19: 339-350.

- Losordo, T.M., and Hobbs, A.O. 2000. Using computer spreadsheets for water flow and biofilter sizing in recirculating aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering* 23: 95-102.
- Luppi, T.A., Spivak, E.D., and Anger, K. 2001. Experimental studies on predation and cannibalism of the settlers of *Chasmagnathus granulata* and *Cyrtograpsus angulatus* (Brachyura: Grapsidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 265: 29-48.
- Maheswarudu, G., Josileen Jose, K.R., Nair, M.R.M., Arputharaj, A., Ramakrishna, A.V., and Ramamoorthy, N. 2008. Evaluation of the seed production and grow out culture of blue swimming crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) in India. *Indian Journal of Marine Sciences* 37(3): 313-321.
- Marshall, S., Warburton, K., Paterson, B., and Mann, D. 2005. Cannibalism in juvenile blue-swimmer crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1766): effects of body size, moult stage and refuge availability. *Applied Animal Behaviour Science* 90: 65-82.
- Mirera, O.D., and Moksnes, P-O. 2013. Cannibalistic interaction of juvenile mud crabs *Scylla serrate*: the effect of shelter and crab size. *African Journal of Marine Science* 35: 545-553.
- Moran, E.H., Wildhaber, M.L., Green, N.S., and Albers, J.L. 2016. Visual basic, Excel-based fish population modeling tool-The pallid sturgeon example. U.S. Geological Survey, Virginia. 20 pp.
- Oniam, V., and Arkronrat, W. 2013. Development of crab farming: The complete cycle of blue swimming crab culture program (CBSC Program) in Thailand. *Kasetsart University Fisheries Research Bulletin* 37(2): 31-43.
- Oniam, V., and Arkronrat, W. 2014. Reproductive performance and larval quality of first and second spawning of pond-reared blue swimming crab, *Portunus pelagicus*, broodstock. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 48(4): 611-618.
- Oniam, V., and Arkronrat, W. 2015. Comparison of reproductive performance of 1 to 3 generation female blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) broodstock reared in earthen ponds. *Journal of Agricultural Research and Extension* 32(3): 49-58. [in Thai]
- Oniam, V., Arkronrat, W., and Chuchit, L., Kessuwan, K., and Orachuno, R. 2011a. A financial analysis of complete cycle blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) culture. *Thai Fisheries Gazette* 64(2): 151-158. [in Thai]

- Oniam, V., Buathee, U., Chuchit, L., and Wechakama, T. 2010. Growth and sexual maturity of blue swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) reared in the earthen ponds. Kasetsart University Fisheries Research Bulletin 34(1): 20-27.
- Oniam, V., Chuchit, L., and Arkronrat, W. 2012. Reproductive performance and larval quality of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) broodstock, fed with different feeds. Songklanakarin Journal of Science and Technology 34(4): 381-386.
- Oniam, V., Taparhudee, W., and Nimitkul, S. 2016. Effect of feeding frequency on growth, survival, water and bottom soil qualities in blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) pond culture systems. Kasetsart University Fisheries Research Bulletin 40(2): 17-28.
- Oniam V, Taparhudee, W., Tunkijjanukij, S., and Musig, Y., 2011b. Mortality rate of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) caused by cannibalism. Kasetsart University Fisheries Research Bulletin 35(2): 1-13.
- Oniam, V., Taparhudee, W., and Yoonpundh, R. 2018. Impact of different pond bottom soil substrates on blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) culture. Walailak Journal of Science and Technology 15(4): 325-332.
- Oniam, V., Taparhudee, W., and Yoonpundh, R. 2020. Installation of shelters on growth and survival of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) for development of its culture. Songklanakarin Journal of Science and Technology 42(1): 139-145.
- Ravi, R., and Manisseri, M.K. 2013. The effect of different pH and photoperiod regimens on the survival rate and developmental period of the larvae of *Portunus pelagicus* (Decapoda, Brachyura, Portunidae). Iranian Journal of Fisheries Sciences 12: 490-499.
- Romano, N., and Zeng, C. 2007. Ontogenetic changes in tolerance to acute ammonia exposure and associated gill histological alterations during early juvenile development of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus*. Aquaculture 266: 246-254.
- Romano, N., and Zeng, C. 2008. Blue swimmer crabs - emerging species in Asia. Global Aquaculture Advocate 11: 34-36
- Shelley, C., and Lovatelli, A. 2011. Mud crab aquaculture: A practical manual. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, Rome. 78 pp.
- Soundarapandian, P., and Raja, S.D.A. 2008. Fattening of the blue swimming crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus). Journal of Fisheries and Aquatic Science 3: 97-101.

- Tanasomwang, V., Uangsukanjanakun, P. and Choopet, J. 2002. Hatching of blue swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus) eggs from abdomen of the berried females. Thai Fisheries Gazette 55(4): 319-323. [in Thai]
- Xiao, Y., and Kumar, M. 2004. Sex ratio, and probability of sexual maturity of females at size, of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, off southern Australia. Fisheries Research 68: 271-282.

ความหลากหลายชนิดของปลาในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขา: กรณีศึกษาลุ่มน้ำโขงตอนล่าง อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานีและเมืองพนทອງ เมืองปากเซ แขวงจำปาสัก สปป.ลาว

Diversity of Fish in Mekong River and Tributary: Case Study in the Lower Part of
Mekong Basin in Kong-Chium District, Ubon Ratchathani Province and Phonthong
District, Pakxe District, Champasak Province, Laos PDR

เสรี จันทรโสภณ

Seree Chantharasopon

สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000

Department of Microbiology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, 34000

Corresponding author: 045-352000, FAX 045-352070, E-mail:Chantharasopon@yahoo.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยคือเพื่อสำรวจความหลากหลายชนิดของปลาในแม่น้ำโขง บริเวณชุมชนบ้านเวินบึก อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ชุมชนบ้านสาเหล้า เมืองพนทອງ แขวงจำปาสัก ในแม่น้ำมูล บริเวณชุมชนบ้านวังใหม่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี และในแม่น้ำเซโดน บริเวณชุมชนบ้านห้วยปูน เมืองปากเซ แขวงจำปาสัก สปป.ลาว โดยศึกษาในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-กันยายน 2560 ผลการศึกษาพบว่า ในแม่น้ำโขงบริเวณบ้านเวินบึกพบปลา 28 ชนิด ใน 11 วงศ์ ซึ่งเป็นปลาเศรษฐกิจ 23 ชนิด โดยวงศ์ที่พบความหลากหลายชนิดมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อย (Cyprinidae) มี 12 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลากด (Bagridae) และวงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae) วงศ์ละ 6 ชนิด ขณะที่บริเวณบ้านสาเหล้าพบปลา 31 ชนิด ใน 8 วงศ์ เป็นปลาเศรษฐกิจ 26 ชนิด โดยวงศ์ที่พบความหลากหลายชนิดมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อย มี 14 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลาเนื้ออ่อนมี 6 ชนิด พบชนิดพันธุ์ปลาที่ถูกคุกคาม 5 ชนิด ใน 4 วงศ์ ในแม่น้ำมูลบริเวณบ้านวังใหม่พบปลา 40 ชนิด ใน 12 วงศ์ เป็นปลาเศรษฐกิจ 33 ชนิด โดยวงศ์ที่พบความหลากหลายชนิดมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อยมี 14 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลากด และวงศ์ปลาเนื้ออ่อนวงศ์ละ 6 ชนิด พบชนิดพันธุ์ปลาที่ถูกคุกคาม 1 ชนิด และในแม่น้ำเซโดนบริเวณบ้านห้วยปูนพบปลา 17 ชนิด ใน 5 วงศ์ เป็นปลาเศรษฐกิจ 15 ชนิด โดยวงศ์ที่พบความหลากหลายชนิดมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อยมี 8 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลาเนื้ออ่อนมี 3 ชนิด

คำสำคัญ : ความหลากหลายชนิดของปลา, แม่น้ำโขง, แม่น้ำมูล, แม่น้ำเซโดน

Abstract

The objective of this research was to study species diversity of fish from Mekong River at the community of Ban Weinbuk, kong Chium district, Ubon Ratchathani, Thailand, and the community of Ban Salao, Phonthong district, Champasak province, Laos RPD, in Mun River at the community of Ban Wangmai, Kong Chium district, Ubon ratchathani, and in Xedone River at the community of Ban Hauypoon, Pakxe district, Champasak province, Laos RPD. This research was carried out in February

to September 2017. In Mekong River, at Ban Weinbuk, 28 species of fish which 23 species were economic species from 11 families were found, the most dominant family was Cyprinidae (12 species), followed by Bagridae (6 species) and Siluridae (6 species). At Ban Salao, 31 species of fish that 26 species were economic species from 8 families were found, the most dominant family was Cyprinidae (14 species), followed by Siluridae (6 species). The 5 species from 4 families of fish in Mekong River were regarded as threatened species. In Mun River, at Ban Wangmai, there were 40 species of fish which 33 species were economic species from 12 families, the most dominant family was Cyprinidae (14 species), followed by Bagridae (6 species) and Siluridae (6 species), and one species was the threatened species. And in Xedone River, at Ban Hauypoon, 17 species of fish that 15 species were economic species from 5 families were found, the most dominant family was Cyprinidae (8 species), followed by Pangassiidae (3 species). There was no threatened species of fish in Xedone River.

Keywords: Diversity of fish, Mekong River, Mun River, Xedone River

บทนำ

แม่น้ำโขงตอนล่างที่ไหลผ่านประเทศไทยในเขตจังหวัดอุบลราชธานี ผ่านอำเภอโขงเจียมก่อนที่จะไหลผ่านแม่น้ำโขง เมืองพนมทองและเมืองปากเซ แขวงจำปาสัก สปป.ลาว เป็นลำดับต่อไปนั้น มีแม่น้ำมูลเป็นแม่น้ำสาขาที่สำคัญที่ไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่อำเภอโขงเจียม และมีแม่น้ำเซโดนเป็นแม่น้ำสาขาที่ไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่เมืองปากเซ แขวงจำปาสัก ตลอดระยะทางที่แม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขาลงผ่านมีชุมชนที่อาศัยอยู่ตามริมฝั่งแม่น้ำและได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรปลาที่มีอยู่ตามธรรมชาติของแหล่งน้ำนั้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการทำประมงขนาดเล็กเพื่อจับปลาเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญของคนในชุมชนภูมิภาคนั้น การประมงจึงเป็นกิจกรรมหนึ่งเพื่อการดำรงชีพที่สำคัญของชุมชนท้องถิ่นในลุ่มน้ำโขง (Coates *et al.*, 2003) จากรายงานการประเมินพื้นฐานการทำประมง (Fisheries Baseline Assessment Working Paper) ในปี 2552 บนฐานข้อมูลปลาที่อาศัยในแม่น้ำ 204 สายและทะเลสาบ 32 แห่งทั่วโลก ผลการประมาณความหลากหลายของพันธุ์ปลามีการยืนยันว่าพบพันธุ์ปลา 781 ชนิดในแม่น้ำโขง ซึ่งเป็นรองเพียงในแม่น้ำอเมซอนที่มีพันธุ์ปลา 1,271 ชนิด แสดงให้เห็นว่าแม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำสายที่ 2 ของโลกที่มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลา (ICEM, 2010) จากการศึกษาของ Kottelet (2001) และ Singkham (2013) บันทึกไว้ว่าพบปลาทั้งหมดในแม่น้ำโขงประมาณ 700 ชนิด อย่างไรก็ตามฐานข้อมูลปลาที่พัฒนาโดยคณะกรรมการแม่น้ำโขงมีรายละเอียดของปลา 923 ชนิดที่ได้จำแนกชนิดทางอนุกรมวิธานแล้ว (Jorgensen, 2003)

ผลกระทบจากการพัฒนาเศรษฐกิจ เช่น การสร้างเขื่อนและการเปิดปิดระบายน้ำจะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของปลาและสัตว์น้ำ ซึ่งทำให้ชนิดและปริมาณปลาในลุ่มน้ำโขงลดลง (ICEM, 2010) นอกจากนี้การทำประมงมากเกินไปขนาดของชุมชน ตลอดจนการจับปลาโดยใช้กระแสน้ำไหลเชี่ยวและการใช้สารเคมี ล้วนเป็นปัญหาที่ส่งผลให้ปริมาณปลาทั้งในแม่น้ำโขงและในแม่น้ำสาขาลดลง การสำรวจความหลากหลายชนิดของพันธุ์ปลา

ในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขาในเขตรอยต่อประเทศไทยและ สปป.ลาว เพื่อทราบชนิดพันธุ์ปลา ชนิดพันธุ์ปลาเศรษฐกิจ และชนิดพันธุ์ปลาที่ถูกคุกคามในแม่น้ำของแหล่งชุมชนแต่ละแห่ง จะเป็นข้อมูลที่ทำให้ทราบสถานการณ์ของปลาอันจะนำไปสู่การแลกเปลี่ยนข้อมูลและสร้างโอกาสความร่วมมือในแนวทางการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรปลาของทั้งสองประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษา:

- 1.1 แม่น้ำโขงที่ไหลผ่านบริเวณพื้นที่ชุมชนบ้านเวินบึก ตำบลโขงเจียม อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี
- 1.2 แม่น้ำมูลที่ไหลผ่านบริเวณพื้นที่ชุมชนบ้านวังใหม่ ตำบลหนองแสงใหญ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี
- 1.3 แม่น้ำโขงที่ไหลผ่านบริเวณพื้นที่ชุมชนบ้านสาเหล้า เมืองโพนทอง แขวงจำปาสัก สปป.ลาว
- 1.4 แม่น้ำเซโดนที่ไหลผ่านบริเวณพื้นที่ชุมชนบ้านห้วยปูน เมืองปากเซ แขวงจำปาสัก สปป.ลาว

2. การศึกษาความหลากหลายชนิดของพันธุ์ปลา

2.1 เก็บตัวอย่างปลาในแม่น้ำโขง แม่น้ำมูล และแม่น้ำเซโดนในพื้นที่วิจัยทุก ๆ เดือน (ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-กันยายน 2560) ให้ได้ตัวอย่างชนิดมากที่สุด โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างปลาดังนี้

2.1.1 รวบรวมจากการจับปลาโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ข่าย เบ็ด อวนล้อม และเครื่องมือจับปลาพื้นเมืองอื่น ๆ ที่ใช้ประจำในแต่ละพื้นที่ บันทึกภาพตัวอย่างปลาทั้งหมดที่ถูกจับได้ทันที เพื่อมิให้มีการเปลี่ยนแปลงของสี และจัดรูปของครีบท่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์

2.1.2 รวบรวมตัวอย่างจากตลาดปลาในชุมชน ซึ่งคนหาปลาในชุมชนนำมาขาย บันทึกภาพตัวอย่างปลาที่รวบรวมได้

2.2 จำแนกชนิดพันธุ์ปลาโดยอ้างอิงจากเอกสารต่าง ๆ ได้แก่เอกสารของ Rainboth (1996) Vidthayanon (2004) และ Saenjundaeng (2014) ระบุสถานภาพของปลาโดยแบ่งปลาดออกเป็นกลุ่มปลาเศรษฐกิจ (Buanak *et al.*, n.d.) และกลุ่มปลาที่ถูกคุกคามตามบัญชีรายชื่อ Red Data of Thailand ใน Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (Vidthayanon, 2005)

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลา

เก็บตัวอย่างปลาในแม่น้ำโขง แม่น้ำมูล และแม่น้ำเซโดนในพื้นที่วิจัยทุก ๆ เดือน (ระหว่างกุมภาพันธ์-กันยายน 2560) และจำแนกชนิดพันธุ์ปลา โดย

1.1 แม่น้ำโขงบริเวณชุมชนบ้านเวินบึก อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี พบว่ามีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลา 28 ชนิด ใน 11 วงศ์ ซึ่งเป็นปลาเศรษฐกิจจำนวน 23 ชนิด โดยวงศ์ที่พบความหลากหลายมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อย (Cyprinidae) มีจำนวน 12 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลากด (Bagridae) และวงศ์ปลา

เนื้ออ่อน (Siluridae) พบจำนวนวงศ์ละ 6 ชนิด (Table 1) และพบว่าปลาที่จัดเป็นชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามตามฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทย (Red Data of Thailand) จำนวน 2 สายพันธุ์คือ คือ ปลาเลื้อยตอลายเล็ก (*Datnioides undecimradiatus*) โดยจัดเป็นชนิดพันธุ์ที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง และปลาเทโพ (*Pangasius larnaudii*) ซึ่งจัดเป็นชนิดพันธุ์ที่มีสถานภาพใกล้ถูกคุกคาม (Vidthayanon, 2005)

Table 1 List of fish Families and Scientific name and economic species from Mekong River at Ban Weinbuk, Kong Chium district, Ubon Ratchathani, during February-September 2017

Families: Scientific name	Economic species
Notopteridae: <i>Chitala ornata</i>	1 (100%)
Cyprinidae: <i>Cyclocheilos enoplos</i> , <i>Mystacoleucus marginatus</i> , <i>Barbonymus altus</i> ¹ , <i>Barbonymus gonionotus</i> , <i>Puntioplites proctozystron</i> ¹ , <i>Hypsibarbus vernayi</i> , <i>Scaphognothops stejnegeri</i> , <i>Osteochilus vittatus</i> , <i>Hampala dispar</i> ¹ , <i>Cirrhinus molitorella</i> ¹ , <i>Labeo chrysophekadion</i> , and <i>Osteochilus melanopleurus</i>	8 (66.66%)
Cobitidae: <i>Syncrossus helodes</i>	1 (100%)
Bagridae: <i>Bagrichthys obscurus</i> , <i>Hemibagrus filamentus</i> , and <i>Hemibagrus wickii</i>	3 (100%)
Siluridae: <i>Belodontichthys truncatus</i> , <i>Micronema apogon</i> , and <i>Micronema bleekeri</i>	3 (100%)
Schilbeidae: <i>Labes longibarbis</i>	1 (100%)
Pangasiidae: <i>Helicophagus leptorhynchus</i> , <i>Pangasius conchophilus</i> , and <i>Pangasius larnaudii</i>	3 (100%)
Datnionidae: <i>Datnioides undecimradiatus</i>	1 (100%)
Gobiidae: <i>Papuligobius acellatus</i>	1 (100%)
Anabantidae: <i>Anabas testudineus</i>	1 (100%)
Channidae: <i>Channa striata</i>	1 (100%)

¹Non economic species (Buanak et al., n.d.)

1.2 แม่น้ำโขงบริเวณชุมชนบ้านสาเหล้า เมืองโพนทอง แขวงจำปาสัก สปป.ลาว พบว่ามีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลาจำนวน 31 ชนิด ใน 8 วงศ์ เป็นปลาเศรษฐกิจจำนวน 26 ชนิด โดยวงศ์ที่พบความหลากหลายมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อย มีจำนวน 14 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลาเนื้ออ่อนมีจำนวน 6 ชนิด (Table 2) และพบว่าปลาที่จัดเป็นชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามตามฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทย (Red Data of Thailand) จำนวน 3 สายพันธุ์คือ คือ ปลาหมากผาง (*Tenualosa thibaudeaui*) ซึ่งจัดเป็นพวกที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง และอีก 2 สายพันธุ์คือ ปลาสะอี่ (*Mekongina erythrospila*) และปลาหัวหน้านอ (*Incisilabeo behri*) จัดเป็นพวกที่มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vidthayanon, 2005)

Table 2 List of fish Families and Scientific name and economic species from Mekong River at Ban Salao, Phonthong district, Champasak province, Laos RPD, during February-September 2017

Families: Scientific name	Economic species
Notopteridae: <i>Chitala ornata</i> , and <i>Notopterus notopterus</i>	2 (100%)
Clupeidae: <i>Tenuulosa thibaudeau</i> ¹	0 (0.0%)
Cyprinidae: <i>Cyclocheilos enoplos</i> , <i>Cosmochilus harmandi</i> ¹ , <i>Mystacoleucus marginatus</i> ¹ , <i>Barbonymus altus</i> ¹ , <i>Barbonymus gonionotus</i> , <i>Puntioplites proctozystron</i> ¹ , <i>Hypsibarbus vernayi</i> , <i>Scaphognathops stejnegeri</i> , <i>Hampala dispar</i> , <i>Labeo chrysophekadion</i> , <i>Hypsibarbus vernayi</i> , <i>Mekongina erythrospila</i> , <i>Incisilabeo behri</i> , and <i>Cyprinus carpio</i>	10(71.43%)
Cobitidae: <i>Syncrossus helodes</i> , and <i>Yasuhikotakia modesta</i>	
Gyrinocheilidae: <i>Gyrinocheilus pennocki</i>	2 (100%)
Bagridae: <i>Hemibagrus filamentus</i> , and <i>Hemibagrus wickioides</i>	1 (100%)
Siluridae: <i>Ompok siruloides</i> , <i>Wallago attu</i> , <i>Micronema apogon</i> , <i>Micronema bleekeri</i> ,	2 (100%)
<i>Micronema micronema</i> , and <i>Kryptopterus cheveyi</i>	6 (100%)
Schilbeidae: <i>Clupisoma sinense</i> , <i>Pteropangasius pleurotaenia</i> , and <i>Lalates longibarbis</i>	3 (100%)

¹ Non economic species (Buanak *et al.*, n.d.)

1.3 แม่น้ำมูล บริเวณชุมชนบ้านวังใหม่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี พบว่ามีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลาจำนวน 40 ชนิด ใน 12 วงศ์ เป็นปลาเศรษฐกิจจำนวน 33 ชนิด โดยวงศ์ที่พบความหลากหลายมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อยมีจำนวน 14 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลากด และวงศ์ปลาเนื้ออ่อนจำนวนวงศ์ละ 6 ชนิด (Table 3) และพบว่าปลาที่จัดเป็นชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามตามฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทย (Red Data of Thailand) จำนวน 1 สายพันธุ์คือ ปลาเสือตอลายเล็ก (*Datnioides undecimradiatus*) โดยจัดเป็นพวกที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง (Vidthayanon, 2005)

Table 3 List of fish Families and Scientific name and economic species from Mun River at Ban Wangmai, Kong Chium district, Ubon Ratchathani, during February-September 2017

Families: Scientific name	Economic species
Notopteridae: <i>Notopterus notopterus</i> , and <i>Chitala ornata</i>	2 (100%)
Engraulidae: <i>Setipinna melanochir</i>	0 (0.0%)
Cyprinidae : <i>Cyclocheilos enoplos</i> , <i>Cosmchilus harmadi</i> ¹ , <i>Barbonymus altus</i> ¹ , <i>Barbonymus gonionotus</i> , <i>Puntioplites proctozystron</i> ¹ , <i>Sikukia gudgeri</i> ¹ , <i>Hypsibarbus vernayi</i> , <i>Scaphognothops stejnegeri</i> , <i>Osteochilus vittatus</i> , <i>Labiobabus leptocheilus</i> ¹ , <i>Hampala dispar</i> , <i>Labeo chrysophekadion</i> , <i>Osteochilus melanopleurus</i> , and <i>Cyprinus carpio</i>	9 (64.29%)
Bagridae: <i>Bagrichthys obscurus</i> , <i>Mystus albolineatus</i> , <i>Hemibagrus filamentus</i> , <i>Hemibagrus nemurus</i> , <i>Hemibagrus wyckii</i> , and <i>Hemibagrus wyckioides</i>	6 (100%)
Siluridae: <i>Belodontichthys truncatus</i> , <i>Ompok siluroides</i> , <i>Wallago attu</i> , <i>Phalacronotus apogon</i> , <i>Phalacronotus bleekeri</i> , and <i>Kryptopterus cheveyi</i>	6 (100%)
Schilbeidae: <i>Laides longibarbis</i> , <i>Helicophagus leptorhynchus</i> , and <i>Pangasius conchophilus</i>	3 (100%)
Clariidae: <i>Clarias macrocephalus</i>	1 (100%)
Datnionidae: <i>Datnioides undecimradiatus</i>	1 (100%)
Pristolepidae: <i>Pristolepsia fasciata</i>	1 (100%)
Gobiidae: <i>Papuligobius acellatus</i>	1 (100%)
Osphronemidae: <i>Trichopodus microlepis</i> , and <i>Trichopodus trichopterus</i>	2 (100%)
Channidae: <i>Channa lucius</i> , and <i>Channa striata</i>	2 (100%)

¹ Non economic species (Buanak et al., n.d.)

1.4 แม่น้ำเซโดน บริเวณชุมชนบ้านห้วยปูน เมืองปากเซ แขวงจำปาสัก สปป.ลาว พบว่ามีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลาจำนวน 17 ชนิด ใน 5 วงศ์ เป็นปลาเศรษฐกิจจำนวน 15 ชนิด โดยวงศ์ที่พบความหลากหลายมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อยมีจำนวน 8 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลาเนื้ออ่อนมีจำนวน 3 ชนิด (Table 4) และไม่พบปลาที่จัดเป็นชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามตามฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทย (Red Data of Thailand)

Table 4 List of fish Families and Scientific name and economic species from Xedon River at Ban Hauypoorn, Pakxe district, Champasak province, Laos RPD, during February-September 2017

Families: Scientific name	Economic species
Cyprinidae: <i>Barbonymus altus</i> ¹ , <i>Barbonymus gonionotus</i> , <i>Puntioplites proctozystron</i> ¹ , <i>Hypsibarbus vernayi</i> , <i>Scaphognothops stejnegeri</i> , <i>Labeo chrysophekadion</i> , <i>Hypsibarbus vernayi</i> , and <i>Cyprinus carpio</i>	6 (75.0%) 2 (100%)
Bagridae: <i>Hemibagrus filamentus</i> , and <i>Hemibagrus wickioides</i>	2 (100%)
Siluridae: <i>Micronema apogon</i> , and <i>Micronema bleekeri</i>	2 (100%)
Schilbeidae: <i>Pteropangasius pleurotaenia</i> , and <i>Labes longibarbis</i>	3 (100%)
Pangasiidae: <i>Helicophagus leptorhynchus</i> , <i>Pangasius macronema</i> , and <i>Pangasius bocourti</i>	

¹ Non economic species (Buanak *et al.*, n.d.)

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาความหลากหลายของปลาในแม่น้ำโขง 2 บริเวณ คือบ้านเวินบึก อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย และบ้านสาเหล้า เมืองโพนทอง แขวงจำปาสัก สปป.ลาว สํารวจพบปลา แม่น้ำโขงบ้านเวินบึก 28 ชนิด ใน 11 วงศ์ โดยวงศ์ที่พบมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อย (Cyprinidae) มี 12 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลากด (Bagridae) และวงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae) วงศ์ละ 6 ชนิด ในขณะที่สํารวจพบปลา แม่น้ำโขงบ้านสาเหล้า 31 ชนิดใน 8 วงศ์ โดยวงศ์ที่พบมากที่สุดคือวงศ์ปลาสร้อย (Cyprinidae) มี 14 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae) มี 6 ชนิด เปรียบเทียบกับผลการวิจัยของ Chantarason *et al.* (2008) สํารวจปลาในแม่น้ำโขงในช่วงที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ในปี ค.ศ. 2007 พบปลาทั้งหมด 68 ชนิด ใน 19 วงศ์ งานวิจัยของ Rodmonkoldee *et al.* (2010) ได้สํารวจความหลากหลายของชนิดปลาในแม่น้ำโขง เขตจังหวัดอุบลราชธานี อำนาจเจริญ มุกดาหาร และนครพนม พบปลาจำนวน 32 วงศ์ 97 สกุล 164 ชนิด

จากการสํารวจพบปลาในแม่น้ำมูล บ้านวังใหม่ 40 ชนิด ใน 12 วงศ์ เปรียบเทียบกับผลการวิจัยของ Rodmonkoldee *et al.* (2012) สํารวจปลาในแม่น้ำมูล เขตจังหวัดนครราชสีมาและบุรีรัมย์ พบปลา 107 ชนิด ใน 24 วงศ์ และงานวิจัยของ Kusolrat and Jaiodon (2015) สํารวจชนิดพันธุ์ปลาในแม่น้ำมูลช่วงที่ไหลผ่าน จังหวัดนครราชสีมา จนถึงจังหวัดอุบลราชธานี พบปลา 96 ชนิด ใน 22 วงศ์ ซึ่งการสํารวจปลาในแม่น้ำมูลครั้งนี้ พบจำนวนชนิดน้อยกว่า อาจเนื่องจากช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสํารวจสั้นกว่า และสํารวจปลาในแม่น้ำมูลเพียง บริเวณเดียวเท่านั้น อย่างไรก็ตามปลาที่สํารวจพบในครั้งนี้จะคล้ายกับผลการวิจัยของกลุ่มนักวิจัยที่กล่าวมาคือ ส่วนใหญ่จะพบปลาในวงศ์ปลาสร้อย

ชนิดพันธุ์ปลาที่สำรวจพบในแม่น้ำโขง บ้านเวินบึก อำเภอโขงเจียม และบ้านสำเห้ล่า เมืองโพนทอง พบว่ามี 5 ชนิดพันธุ์ที่จัดเป็นชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามตามฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทย (Vidthayanon, 2005) โดยแบ่งเป็นพวกที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง ได้แก่ ปลาหมากผาง ปลาเสือตอลายเล็ก ชนิดพันธุ์ที่มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ ได้แก่ ปลาหัวหนานอ ปลาสะอี และชนิดพันธุ์ใกล้ถูกคุกคาม ได้แก่ ปลาเทโพ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Chantarasopon *et al.* (2008) ศึกษาชนิดพันธุ์ปลาในแม่น้ำโขงช่วงที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี ในปี ค.ศ. 2007 พบชนิดพันธุ์ปลาที่ถูกคุกคาม 9 ชนิด แบ่งเป็น ชนิดพันธุ์ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง ได้แก่ ปลาหมากผาง ปลาเสือตอลายเล็ก และปลาเทพา ชนิดพันธุ์ที่มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ ได้แก่ ปลานวลจันทร์ ปลาสะอี ปลาเยี๊ยะ และชนิดพันธุ์ใกล้ถูกคุกคาม ได้แก่ ปลาสร้อย ปลาเทโพ สำหรับชนิดพันธุ์ปลาที่สำรวจพบในแม่น้ำมูล บ้านวังใหม่ อำเภอโขงเจียม พบว่ามี 1 ชนิดพันธุ์ที่จัดเป็นชนิดพันธุ์ที่ใกล้สูญพันธุ์ คือ ปลาเสือตอลายเล็ก ส่วนปลาที่สำรวจพบในแม่น้ำเซโดน บ้านห้วยปูน เมืองปากเซ ในครั้งนี้ไม่พบชนิดพันธุ์ปลาที่ถูกคุกคามแต่อย่างใด

จากการสัมภาษณ์ชุมชนคนหาปลาในพื้นที่วิจัย เกี่ยวกับชนิดของพันธุ์ปลาที่จับได้ในปัจจุบัน พบว่าพันธุ์ปลาที่เคยจับได้เมื่อ 5-10 ปีที่ผ่านมา ลดจำนวนลงอย่างมาก ปลาที่เคยจับได้แต่ปัจจุบันหาได้ยาก ได้แก่ ปลาพอน ปลาสะอี ปลาหมากผาง ปลาสะนาถ ปลาชวย ปลาข้าวไก่ (หมูลาย) ข้าวไก่ (หมูมัน) ปลาสร้อย ปลาคุ้ยฉลาม ปลากะโห้ ปลาเผาะ ปลาขบ ปลาดอง (กราย) ปลาแค้หิน ปลาบู่หิน และปลาเหียนหู โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาที่ชอบอาศัยในถิ่นน้ำไหล ซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรงจากการสร้างเขื่อนปากมูลสำหรับชนิดพันธุ์ปลาที่ไม่พบอีกเลย เช่น ปลากวง ปลาเม่น ปลาจอก (จอกใหม่) ทั้งนี้ชาวบ้านเชื่อกันว่าการที่ปริมาณและชนิดของพันธุ์ปลาลดลงเกิดจากการจับปลามากเกินขนาด การซื้อตปลา ทำให้รายได้จากการทำประมงลดลงและไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการจับปลา เช่น ค่าน้ำมันสำหรับเรือยนต์ และค่าเสียโอกาสในการหารายได้ และวิตกว่าหากมีการสร้างเขื่อนแม่น้ำโขงทางตอนใต้สุดของลาวแล้วเสร็จสมบูรณ์ จะมีผลกระทบต่อทั้งชนิดและปริมาณของปลาในแม่น้ำโขงเขตบริเวณเหนือเขื่อนอย่างแน่นอน เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นกรณีการสร้างเขื่อนปากมูลในประเทศไทย (Department of Fisheries, 2004)

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาคความหลากหลายของปลาในแม่น้ำโขง 2 บริเวณ พบชนิดพันธุ์ปลาแม่น้ำโขงบริเวณบ้านเวินบึก 28 ชนิด ใน 11 วงศ์ และบริเวณบ้านสำเห้ล่า 32 ชนิดใน 8 วงศ์ สำหรับในแม่น้ำมูล บ้านวังใหม่พบ 40 ชนิด ใน 12 วงศ์ และในแม่น้ำเซโดน บ้านห้วยปูน พบ 17 ชนิด ใน 5 วงศ์ การสำรวจความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลาในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขา ในเขตรอยต่อประเทศไทยและ สปป.ลาว ครั้งนี้ทำให้ได้ข้อมูลด้านสถานการณ์ของปลาที่สามารถนำไปสู่การสร้างความร่วมมือในแนวทางการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรปลาของทั้งสองประเทศ อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลาในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขาลงการสร้างเขื่อนในแม่น้ำโขงทางตอนใต้ของลาวแล้วเสร็จสมบูรณ์ เพื่อดูผลกระทบจากการสร้างเขื่อนต่อระบบนิเวศและชนิดพันธุ์ปลา และหาแนวทางการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ปลาที่มีถิ่นอาศัยใน

แม่น้ำโขงและในแม่น้ำสาขาซึ่งมีแนวโน้มว่าจะสูญพันธุ์ เพื่อปล่อยสู่แม่น้ำดังกล่าวอันจะเป็นการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากปลาอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Buanak, T., Thunjai, T., Soonthornvipat, S., Vidthayanon, C., Termvidchakorn, A., Sridee, N., and Suksri, S. n.d. Biodiversity and Fisheries in Songkram River Basin. Bangkok: Inland Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries. 46 p. [in Thai]
- Chantarasopon, S., Kawluan, K., Smarka, P. 2008. Diversity of Biodiversity and Community Livelihood in Lower Part of Mekong Basin, Ubon-Ratchathani Province. Research report, Ubon-Ratchathani Rajabhat University. 81 p. [in Thai]
- Coates, D., Poeu, O., Suntornratana, U., Tung, N.T., Viravong, S. 2003. Biodiversity and fisheries in the Lower Mekong Basin. Mekong Development Series No. 2. Mekong River Commission, Phnom Penh, 30 p.
- Department of Fisheries. 2004. Fisheries Economic condition in the Lower of Mun River, Ubon-Ratchathani. Bangkok: Fisheries Economic Bulletin, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (Mimeographed) [in Thai]
- ICEM. 2010. MRC Strategic Environmental Assessment (SEA) of hydropower on the Mekong mainstream: summary of the final report. Hanoi, Viet Nam. 23 p.
- Jorgensen, J.V. 2003. Fish Diversity of the Mekong. Catch and Culture 9(1): 11-12.
- Kottelat, M. 2001. Fishes of Laos. WHT Publications Ltd., Colombo 5, Sri Lanka. 198 p.
- Kusolrat, P. and Jaiodton, S. 2015. Biodiversity, utilization and traditional culture related fish in Mun River. [Online] Available from:
<http://www.rdi.nrru.ac.th/rdi/admin/resource/research/1476414765-5a463acd.pdf>
 [2018, July 17] [in Thai]
- Rainboth, W.J. 1996. Fishes of Cambodian Mekong. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. 265 p.
- Rodmonkoldee, P., Rodmonkoldee, M., Ogaddee, G., Rodmonkoldee, J. 2010. Species Diversity of Fresh water Fishes in the Mun River, Nakon Ratchasima and Buriram Province.
 [Online] Available from:
http://www.journal.msu.ac.th/index.php?page=show_journal_article&j_id=5&article_id=169.
 [2018, July 17] [in Thai]

- Rodmonkoldee, P., Rodmonkoldee, M., Ogaddee, G., Rodmonkoldee, J. 2012. Species Diversity of Freshwater Fishes, and Sustainable Utilization in the Lower Mekong River, Northeast Thailand. Research Report, Buriram Rajabhat University. 179 p. [in Thai]
- Singkhram, P. 2013. An introduction to the Fisheries of Laos PDR. Mekong Development Series No. 6. Mekong River Commission, Phnom Penh, Cambodia. 62 p.
- Saenjundaeng, P. 2014. Freshwater Fish Encyclopedia of Thailand. Khon Kaen: Klunhnana Vitthaya Press. 476 p. [in Thai]
- Vidthayanon, C. 2004. Freshwater fish guide. Bangkok: Sarakadee publisher. 232 p. [in Thai]
- Vidthayanon, C. 2005. Thailand Red Data: Fishes. Bangkok: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand. 108 p.

ผลกระทบของการประมงต่อประชาคมสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่บริเวณ ช่องเกาะช้าง จังหวัดตราด ประเทศไทย

Fishing impacts on macrobenthic communities in Chong Ko Chang, Trat Province, Thailand

วิชิน สืบปาละ^{1*}, ธรรมศักดิ์ ยีมิน², มาฆมาส สุทธาชีพ², กัญวรา แสงมณี², รัตนาวดี เนียมศิริ²,
เจริญ นิตธิธรรมยง³, รัตนา ชื่นภักดี⁴

Wichin Suebpala^{1*}, Thamasak Yeemin², Makamas Sutthacheep², Kanwara Saengmanee²,
Ratanawadee Niamsiri², Ratana Chuenpagdee³, Charoen Nitithamyong⁴

¹สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

¹Interdisciplinary Program in Environmental Science, Graduate School, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

²Department of Biology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240

³ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

³ Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330 Thailand

⁴ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเมโมเรียล เซนต์จอห์นส์ NLA1C5S7 แคนาดา

⁴Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Memorial University, St. John's, NLA1C5S7, Canada

*Corresponding author: wichin.s@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ประเมินผลกระทบของการประมงแบบเคลื่อนที่บริเวณพื้นทะเลต่อประชาคมสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่บริเวณช่องเกาะช้าง จังหวัดตราด ตั้งอยู่ในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก พบสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ทั้งหมด 72 กลุ่ม ใน 10 ไฟลัม ใต้เดือนทะเล หอยสองฝา และครัสเตเชียน เป็นสัตว์กลุ่มเด่นทั้งสองเขต และสองฤดูกาล ความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ของจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดแปรผันแตกต่างกันไป ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ในเขตห้ามทำประมงอวนลาก อวนรุน และคราดหอย ตลอดทั้งปี เท่ากับ 258.9 ± 135.6 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่ามากกว่าในเขตที่ห้ามทำประมงดังกล่าวเป็นเวลาหกเดือน (139.8 ± 67.2 ตัวต่อตารางเมตร) ($p < 0.01$) จำนวนกลุ่มสิ่งมีชีวิตและความมากมายชนิดในเขตห้ามทำประมงอวนลาก อวนรุน และคราดหอย ตลอดทั้งปีมีค่ามากกว่าเขตที่ห้ามทำประมงดังกล่าวเป็นเวลาหกเดือน องค์ประกอบชนิดสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ระหว่างเขตและฤดูกาลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ($F = 0.44, p = 0.83$) ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างประชาคมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่อาจได้รับอิทธิพลจากทั้งสภาพแวดล้อม (ความลึก ความเค็ม และ pH) และแรงกดดันจากการประมง ซึ่งพิจารณาได้จากความแตกต่างของความชุกชุมและความหลากหลายระหว่างเขตทั้งสอง ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคตรวมถึงการจัดการประมงบนฐานระบบนิเวศ

Keywords: ความชุกชุม สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ ผลกระทบ เครื่องมือประมง ช่องเกาะช้าง

Abstract

In this study, we assessed the impacts of mobile bottom fishing on macrobenthic communities in Chong Ko Chang, Trat Province, located in the eastern Gulf of Thailand. A total of 72 taxa in 10 phyla were found. Polychaetes, bivalves, and crustaceans were mainly found in both zones and seasons. The abundance of macrobenthos varied considerably among sampling sites. The average total density in the permanent closure zone was 258.9 ± 135.6 ind./m², which was higher than those in the six-month closure zone (139.8 ± 67.2 ind./m²) ($p < 0.01$). The number of taxa and species richness of the permanent closure zone were also greater than those of the six-month closure zone. The results revealed the significant differences of macrobenthic composition between zones ($p < 0.01$) and seasons ($p < 0.01$) occurred while no interaction between factors was found ($F = 0.44$, $p = 0.83$). Based on the results, the community structure of macrobenthos might be influenced by both environment (depth, salinity, and pH) and fishing pressure, illustrated by the differences on macrobenthic abundance and diversity between zones. These findings provide baseline information for future studies and ecosystem-based fisheries management.

Keywords: Abundance, Macrobenthos, Impacts, bottom fishing gear, Chong Ko Chang

Introduction

Although fisheries are a great part of economic development and coastal livelihoods of many countries, overfishing and destructive fishing practices have threatened marine ecosystems worldwide. Recent studies reveal the scientific evidence of the impacts of mobile bottom fishing on biogenic structures and benthic communities (Hiddink *et al.*, 2017). Mobile bottom fishing gears, especially dredges, otter-board trawls, and beam trawlers, had been mostly studied in terms of their impacts on the marine environment (Harris, 2012; Jackson, 2008; Kaiser *et al.*, 2002; Martin *et al.*, 2014). Some reports illustrated that bottom trawling activity has impacts on the abundance of coral reefs, deep-sea corals, sea anemones, sponges, and hydroids in the Western Mediterranean and Alaska (Pierdomenico *et al.*, 2018; Rooper *et al.*, 2011). The impacts of mobile fishing gear, particularly bottom-trawling and dredging, on seagrass beds and seabed destruction have been also documented (Griffiths *et al.*, 2020; National Research Council, 2002). In addition, marine debris has become a significant concern as lost or derelict fishing gears may entangle with the seafloor and threaten biological habitats and marine species (Du Preez *et al.*, 2020).

Additionally, some fishing gears that come in contact with the seafloor also destroy macrobenthic communities and seabed structure. Bottom trawling greatly reduces the abundance of epibenthos as much as 70% compared to untrawled areas, while less impact is found on deep

burrowers (Tiano *et al.*, 2020). Similarly, the abundance of some polychaetes in a soft-bottom substrate in trawled areas was less than what has been observed in untrawled areas (Romano *et al.*, 2016). Dredging, which has been used to catch mollusks worldwide, shows its potential to cause disturbances on macrobenthic communities and the seafloor. The impact of bivalve dredge fishing on macrobenthic community structure revealed less abundance and diversity in dredged areas. Crustaceans are considered to be the most vulnerable species to dredging (Gaspar *et al.*, 2009). Hydraulic dredges showed more impacts on biogenic structures compared with trawlers. It was reported that hydraulic dredges and bottom trawlers destroyed 6% and 41% of biota in the disturbed areas, respectively (Hiddink *et al.*, 2017). According to Turner *et al.* (1999), the loss of large epibenthic organisms from the fishing activities may have some effects on fish species. Some studies (Fisher *et al.*, 2015; Shephard *et al.*, 2014; Tiano *et al.*, 2019) illustrated the possibility of such fishing impacts on seafloor environment; e.g. sediment composition, water quality, nutrient cycling etc., that may have adverse effects on other marine organisms and the marine food web.

Macrobenthos has been applied as a bioindicator to monitor adverse impacts on the marine environment. Impacts of trawling and dredging have been generally assessed by looking at the changes of epi- and infauna to such fishing pressure such as abundance and distribution, biomass, species composition, species diversity, species richness, evenness etc. (Sciberras *et al.*, 2013). Hiddink *et al.* (2020) suggested that considering whole-community numbers and biomass is suitable rather than individual taxa. To monitor the impacts of trawling, species richness, abundance and biomass show a higher sensitivity than other indices.

In Thailand, bottom trawling, dredging and push net fisheries are operated throughout Thai coastal waters. Bottom trawling and push net target demersal fish and shrimp, while dredging catch mostly clams. Currently, bottom trawling and dredging are considered as a commercial fishery and they are not allowed to operate in Thai coastal seas. Push net, excluding krill push net, has been banned, according to the Royal Ordinance on Fisheries B.E. 2558 announced in the Government Gazette on 13 November 2015. In Thailand, the research on the fishing impacts of bottom trawling and dredging on the marine benthic environment has been limited (Suebpala *et al.*, 2017). Almost of the studies of marine macrobenthic community in Thailand were conducted in biodiversity and ecological aspects, and some of them used macrobenthos to detect water quality and pollution. Only one study regarding the environmental impact of surf clam (*Phapia* spp.) fishing was found describing the change of the seafloor and the loss of parental surf clam stock. Increases in total suspended solids and some nutrients were detected during the fishing (Chanrachkij, 2012). Due to the knowledge

gap, this study aimed to investigate the impacts of trawling, dredging, and push net fisheries on macrobenthic communities in Chong Ko Chang, Trat Province, Thailand.

Materials and methods

Study site

Chong Ko Chang is located in the eastern Gulf of Thailand between the mainland and Ko Chang in Trat Province (Figure 1). Before the Royal Ordinance on Fisheries B.E. 2558 (2015) and Ministerial Regulation on Coastal Seas in Thailand B.E. 2560 (2017) became effective, two different zones in Chong Ko Chang where different fishing regulations were posed are as follows: 1) the green zone where trawling, dredging, and push net fisheries with motorized vessel are completely prohibited all year round, in which a total of six study sites including station A, B, C, D, E, and F were investigated, 'permanent closure zone' is called hereafter; 2) the red zone where such fisheries with motorized vessels were prohibited during June – November each year according to the Notification of Trat Province on the prohibition of trawling, dredging, and push net fisheries in Chong Ko Chang, within which four study sites including station G, H, I, and J were investigated, 'six-month closure zone' is called hereafter.

Sampling and sample processing

At each study site, six replications were collected using Van Veen grab with its surface area of 900 cm². Samplings were done in August 2015 and March 2016 representing a wet and dry season, respectively. The samples were washed over a 0.5-mm mesh-sized sieve. Macrobenthic species retained on the sieve were fixed in 10% buffered formalin for further identification. Sediment samples were also collected and fixed in 10% buffered formalin to analyze organic matter content and particle size analysis. At each sampling station, some environmental parameters such as depth, temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, salinity, total dissolved solids (TDS) and conductivity, were measured using a YSI 556 MPS water quality monitoring device.

In a laboratory, the samples were stained with Rose Bengal before sorting and identification. The individuals of each taxon were counted and recorded under a microscope. Content of organic matter in the sediment samples was analyzed using loss on ignition method (Heiri *et al.*, 2001). The dry-sieve method was used to find sand fraction in the sediment samples while particle-size fractionation was further used for determining silt and clay fraction (English *et al.*, 1997).

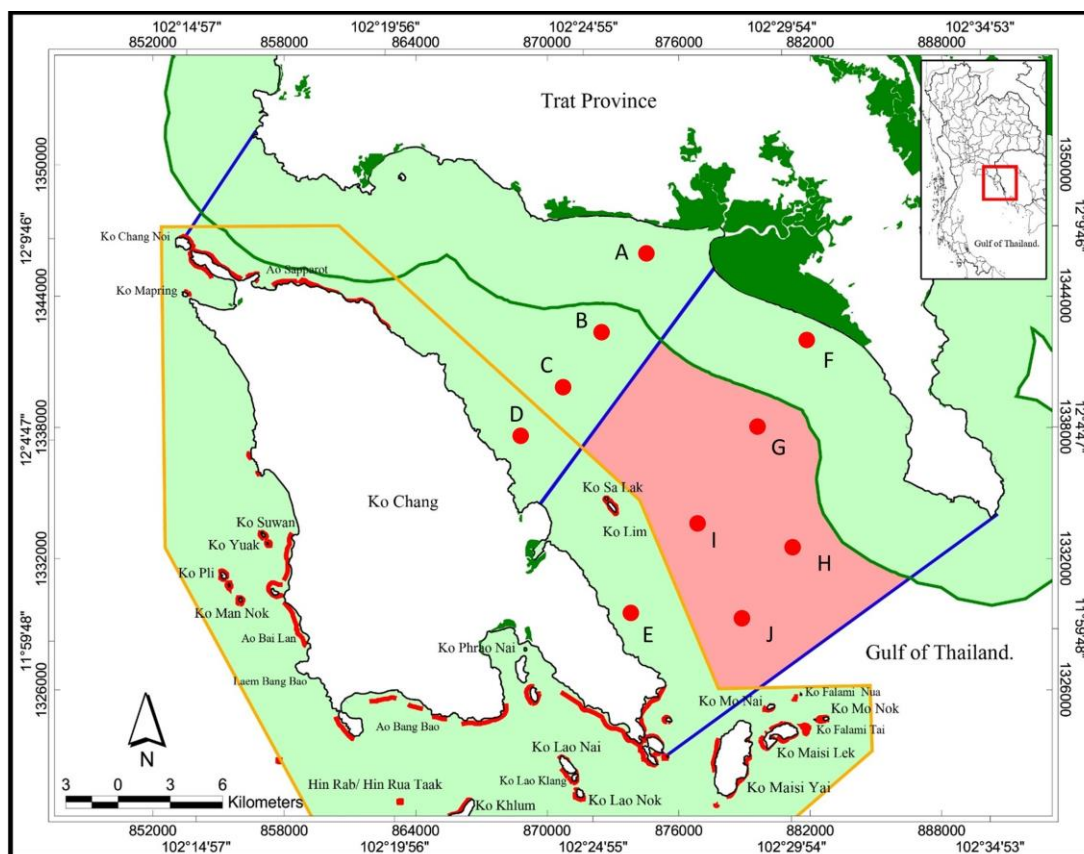


Figure 1 Sampling sites (red dots) investigated for the macrobenthic community in different fishing regulations: 1) the green line represents the boundary of coastal waters prohibiting the operation of commercial fisheries; 2) the yellow line represents the boundary of Mu Ko Chang National Park; and 3) blue lines represent a permanent closure (upper part) and a 6-month closure (lower part) boundary according to the Notification of Trat Province on the Prohibition of Trawling, Dredging, and Push Net Fisheries in the State of Ko Chang B.E. 2543 (2000).

Data treatment and analyses

Densities of each taxon were totalled to give total densities in each replicate and sampling station. Since raw data were not normally distributed, all of the data were treated with square root transformation before testing the differences of the mean total densities between six-month closure zone and the permanent closure zone with t-test. Two-way ANOVA was performed to test whether the macrobenthic abundance is influenced by zone or season as well as the interaction between two factors. Spatial variation among sites was tested by one-way ANOVA with Tukey's HSD (honestly significant difference) test. All univariate data analyses were performed using SPSS version 22.

In addition to these individual species, the number of taxa (family level) and density data for all macrobenthic species were used to calculate diversity indices as follows (Clarke *et al.*, 2014):

Shannon–Wiener diversity index [$H' = -\sum (p_i \cdot \log(p_i))$]; Margalef's species richness [$d = (S-1)/\log(N)$]; Pielou's evenness [$J' = H'/\log(S)$]. The difference in the total number of taxa between the six-month closure zone and the permanent closure zone was tested with the Mann-Whitney U test.

The similarity of species composition based on Bray-Curtis Similarity between zones and seasons was conducted with Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) (Anderson *et al.*, 2018). The Similarity Percentage (SIMPER) was performed to identify which taxa are responsible for a major contribution to similarity and help identify the taxa that are generally found in a certain group. A distance-based linear model (DistLM) and distance-based redundancy analysis with ordination (dbRDA) were performed to observe the relationship of environmental gradients and similarities of sampling station. Diversity Indices, PERMANOVA, SIMPER, DistLM and dbRDA were done using PRIMER version 7.0. The fourth-root transformation was performed prior to conducting the multivariate data analyses (Clarke *et al.*, 2014).

Results and Discussion

Abundance of macrobenthos

Macrobenthic communities are used as an ecological indicator to assess fishing impacts in two different zones (permanent closure zone and six-month closure zone) in Chong Ko Chang. The results showed that the dominant groups of macrobenthos found in every sampling station included polychaetes, bivalves, decapods, amphipods, ophiuroids etc. In an overall picture, the mean total density in the permanent closure zone (258.9 ± 135.6 ind./m²) was higher than that in the six-month closure zone (139.8 ± 67.2 ind./m²) ($t=6.08$, $p<0.01$). The mean total density of macrobenthos in the permanent closure zone (265.0 ± 84.6 ind./m²) was significantly higher than those observed in the six-month closure zone (153.7 ± 71.3 ind./m²) in the wet season ($t=5.53$, $p<0.05$). The surveys in dry season exhibited a significantly lower abundance in the six-month closure zone (125.9 ± 60.8 ind./m²) compared to the permanent closure zone (252.1 ± 174.8 ind./m²) ($t=3.72$, $p<0.05$). However, the spatial variation among stations was also detected (One-way ANOVA). The two-way ANOVA testing on the effect of the zone and season on the abundance revealed only an effect of the zone on their abundance ($F=43.31$, $p<0.01$) and no interaction between the two factors was found ($F = 0.44$, $p=0.83$) illustrating that the abundance is influenced by zone (Figure 2).

In the overall picture, the average abundance of macrobenthos in the permanent closure zone was significantly higher than those observed in the six-month closure zone and the average abundance of macrobenthos varied considerably among study sites. Comparing the previous studies, Jualaong (2007) reported that the average abundance of macrobenthos in Mu Ko Chang and Ko Kut was 144.8 ind./m² dominated by polychaetes. In Trat Bay, the abundance of benthos

ranged from 19 – 964 ind./m² dominated by molluscs (Poonapa-amporn *et al.*, 2019). According to the study of Putchakarn (2005), the average abundance of macrobenthos along the eastern Gulf of Thailand (from Chonburi to Trat) was 554.5 ind./m² dominated by polychaetes, crustaceans, bivalves, gastropods, and echinoderms. In terms of fisheries importance, some studies focused on the abundance and distribution of short neck clam (*P. undulates*); for example, Chatananthawej and Thubthimsang (1989) reported that catch rate of the short neck clam in Trat Province 0.4-17.5 kg/hr, which had drastically declined compared with the past. Kanmarangkool *et al.* (2019) reported that the short neck clam was randomly distributed and it was influenced by particle size which was silty sand or sandy silt. Fortunately, the great efforts of fisheries resources management in Chong Ko Chang; i.e. designation of untrawed area, temporal closure, breeding research as well as broodstock enhancement of short-necked clam, have revitalized the abundance of short-necked clam in this area (Tunvilai *et al.*, 2017).

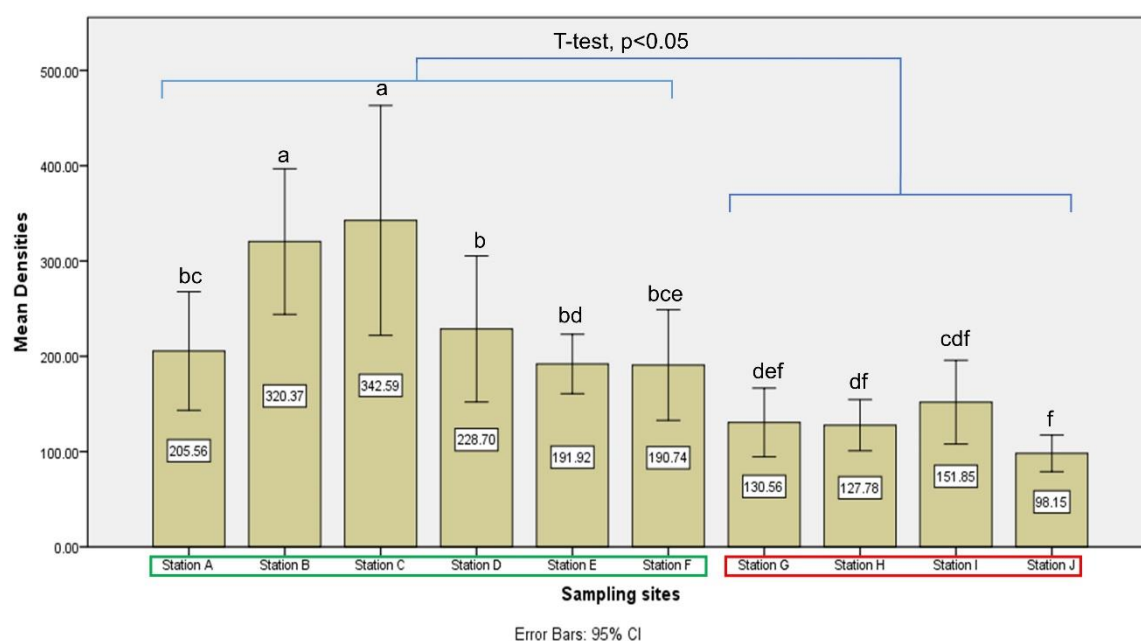


Figure 2 Mean ($\pm$ SD) total density of macrobenthos (ind./m²) at each study site

Remark: Means sharing the same letter are not significantly statistically different (Tukey's HSD test, $p < 0.05$). The t-test was used to compare the means between two zones.

Diversity of macrobenthos

In this study, a total of 72 taxa in 10 phyla was observed. Crustaceans, polychaetes and bivalves were mainly found in both zones and seasons. Overall, the permanent closure zone (35 taxa) had higher taxa (35) than the six-month closure zone (19 taxa). The Pielou's evenness and Shannon

diversity index were 0.83 and 1.08, for the permanent closure zone and 0.85 and 1.02 for the six-month closure zone, respectively. The highest diversity was found at station D, which is close to Ko Chang, exhibiting the Margalef's species richness, Pielou's evenness and Shannon diversity indices of 4.25, 0.91 and 1.03 in the dry season (Table 1). The statistical tests showed statistical differences in terms of the number of taxa (Mann-Whitney U = 7.500; $p=0.005$) and species richness (Mann-Whitney U = 13.000; $p=0.007$) between the permanent closure zone and the six-month closure zone (Figure 3 and Table 1).

Furthermore, all diversity indices were not significantly different between wet and dry seasons except the Shannon-Wiener Index. However, when the observed data from every sampling were pooled, more taxa tended to be found in the dry season (12 - 35 taxa) than the wet season (15 - 22 taxa). The diversity of macrobenthos observed in this study was relatively low compared to the study of Putchakarn (2005) showing the higher diversity of macrobenthos ($H'=1.76$) along the eastern Gulf of Thailand and the study of Jualaong (2007) reporting the diversity index of macrobenthos in Mu Ko Chang ($H' = 1.30$). Poonapa-amporn *et al.*, (2019) reported that the species richness and diversity in Trat Bay were similar, ranging from 0.0 - 2.7. They also found that the diversity in the dry season was higher than that in the wet season. This is because of the freshwater discharged from the Trat River making the conditions in this area dynamic; i.e. salinity change, amount of organic matter, particle characteristics.

Although no seasonal change in the mean total densities was detected, the composition of macrobenthos varied greatly between wet and dry seasons. Generally, macrobenthic communities are dynamic and seasonally changed within a year (Shou *et al.*, 2009). The unclear difference in the mean total densities observed between seasons was due to a great variation of the densities among samples. Seasonal variation in species composition of macrobenthos can be influenced by various factors, particularly environmental conditions and the recruitment process and predator-prey relationship (Lamptey and Armah, 2008; Shou *et al.*, 2009).

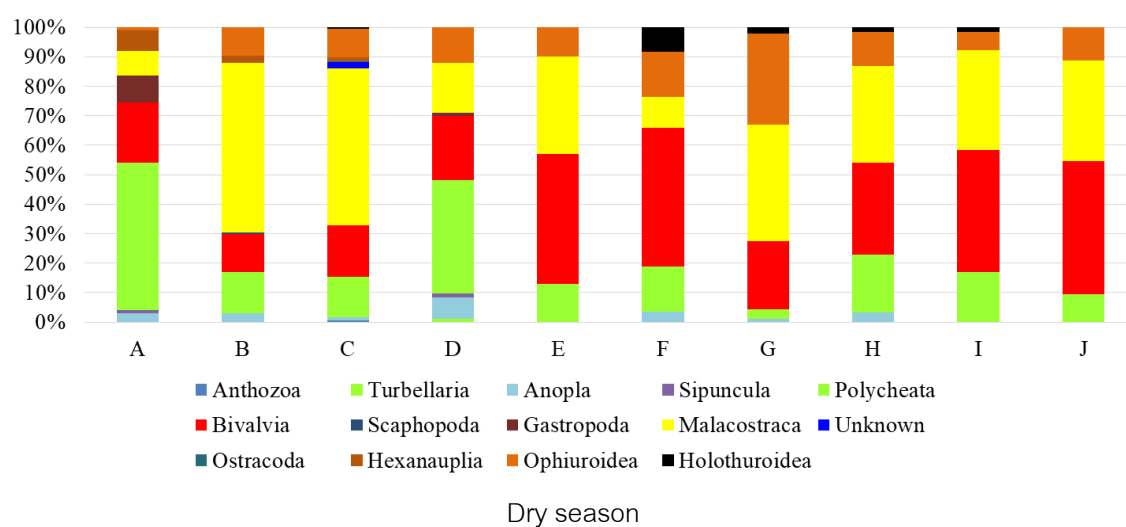
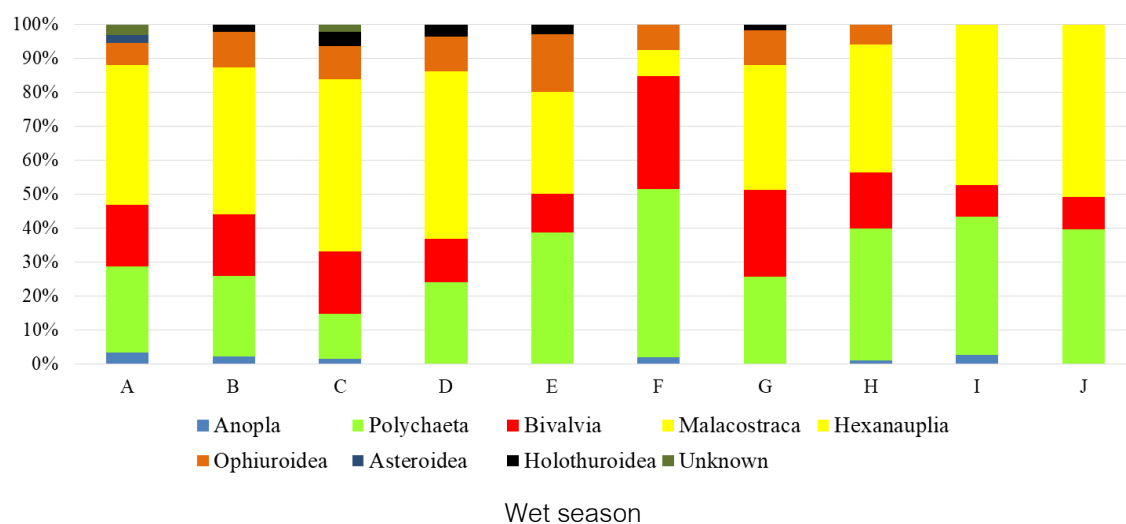


Figure 3 Species composition of macrobenthos at each zone during wet and dry seasons

Table 1 Total number of taxa, richness, evenness, and diversity of macrobenthos at each site and season

Zone	Study site	Dry season				Wet season			
		S	d	J'	H'	S	d	J'	H'
Permanent closure zone	A	17	2.29	0.86	1.06	20	2.64	0.91	1.19
	B	20	2.53	0.68	0.89	22	2.76	0.86	1.16
	C	35	4.34	0.66	1.02	16	2.04	0.80	0.97
	D	30	4.25	0.91	1.35	20	2.53	0.87	1.13
	E	20	2.77	0.79	1.03	19	2.55	0.85	1.09
	F	16	2.17	0.76	0.92	22	2.94	0.88	1.18
Average		23.00	3.06	0.78	1.05	19.83	2.58	0.86	1.12
Six-month closure zone (June – November)	G	14	1.98	0.82	0.94	18	2.52	0.87	1.09
	H	14	1.95	0.90	1.03	15	2.11	0.92	1.09
	I	13	1.84	0.89	0.99	19	2.56	0.89	1.14
	J	12	1.73	0.82	0.88	16	2.35	0.87	1.05
	Average	13.25	1.88	0.86	0.96	17.00	2.39	0.89	1.09

Remarks: *Permanent closure zone, **six-month closure zone; S, d, J', and H' denote total taxa, Margalef's species richness, Pielou's evenness, and Shannon-Wiener Index, respectively.

Regarding the species composition, a Bray-Curtis Similarity and Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) revealed significant differences of macrobenthic composition between zones (Pseudo-F = 8.9813, $p(\text{perm}) = 0.001$) and seasons (Pseudo-F = 10.267, $p(\text{perm}) = 0.001$). The Similarity Percentage (SIMPER) was performed to identify which taxa are responsible for a major contribution to similarity and helps identify the taxa that are generally found in a certain group. In the permanent closure zone, polychaetes, bivalves, ophiuroids, and amphipods contribute 73% of a total similarity, while most similarity found in the six-month closure zone were contributed mostly (80%) by bivalves, polychaetes, amphipods and decapods (Figure 4, Table 2).

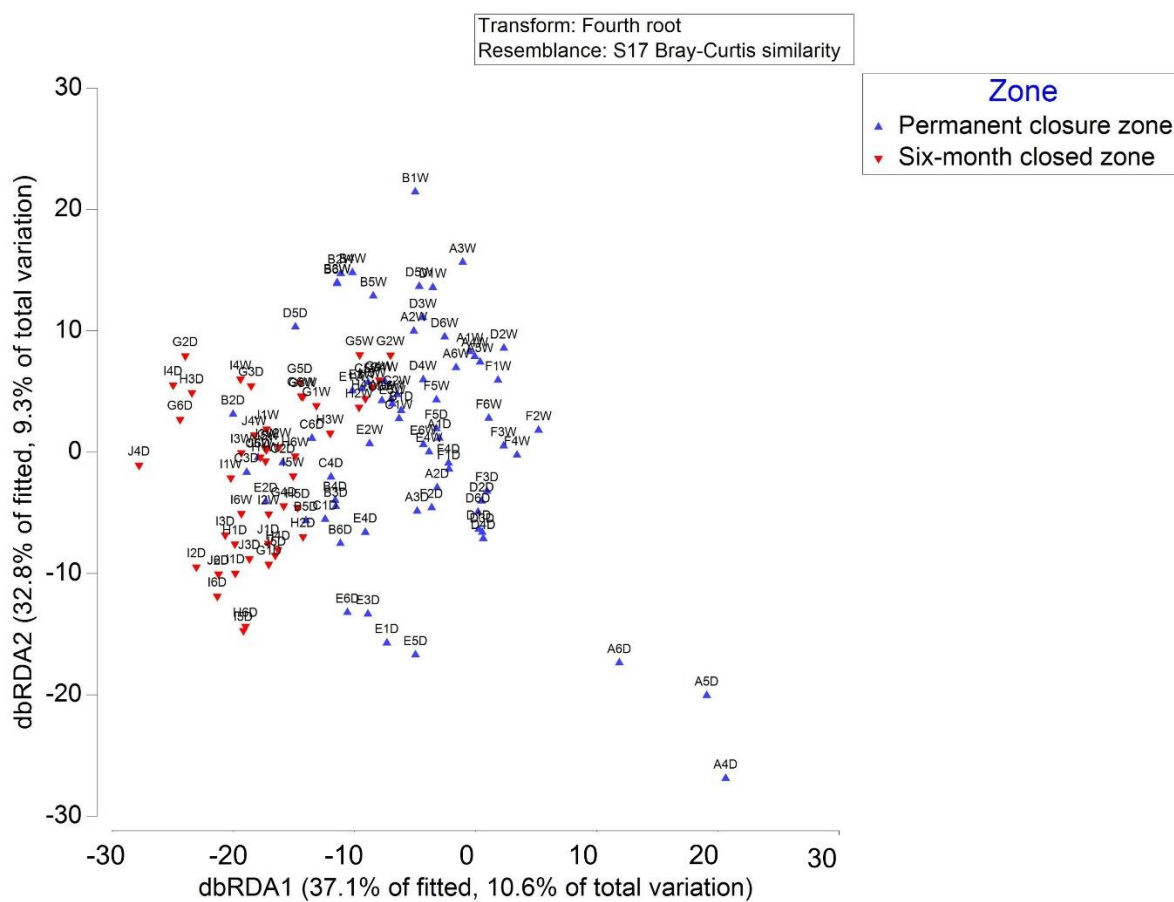


Figure 4 A dbRAD plot based on the fourth-root transformed data (number of individuals) showing the similarity of species composition of each sample. The abbreviation code of each point consists of a sampling site (A-J), a replicate number (1 – 6) and a season (Dry or Wet), respectively.

Table 2 The Similarity Percentage (SIMPER) showing the contribution of major macrobenthos to dissimilarities among factors (zone and season).

Examining between zones			
Group: Permanent closure zone (Average similarity: 66.13)		Group: Six-month closure zone (Average similarity: 70.93)	
Taxon	% Contribution	Taxon	% Contribution
Polychaeta	26.58	Bivalvia	21.43
Bivalvia	21.94	Polychaeta	21.41
Ophiuroidea	13.39	Amphipoda	20.70
Amphipoda	12.01	Decapoda	16.97

Table 2 (Cont.) The Similarity Percentage (SIMPER) showing the contribution of major macrobenthos to dissimilarities among factors (zone and season).

Examining between seasons			
Group: Dry (Average similarity: 63.26)		Group: Wet (Average similarity: 71.80)	
Taxon	% Contribution	Taxon	% Contribution
Bivalvia	26.62	Polychaeta	27.61
Polychaeta	21.69	Bivalvia	17.67
Amphipoda	17.67	Decapoda	17.36
Ophiuroidea	11.01	Amphipoda	12.44

Environmental factors

Environmental parameters played an important role in shaping community structure and abundance. Our results showed the significant differences in the five parameters of depth, sand, silt, organic matter and salinity between the two zones (Student's t-test, $p < 0.05$). Some parameters; i.e. organic matter, temperature, dissolved oxygen, salinity, TDS, conductivity, were significantly changed between wet and dry seasons.

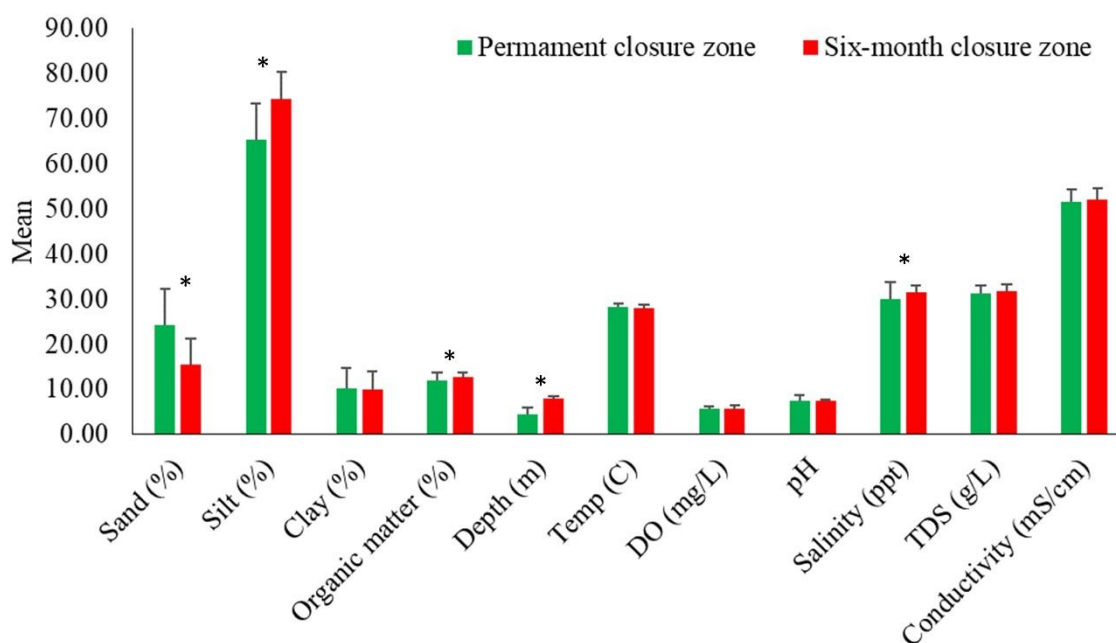


Figure 5 Means ($\pm$ SD) of some environmental parameters of two zones (* $p < 0.05$)

The DistLM revealed that some parameters can be used as predictors to determine the relationship between environmental parameters and macrobenthic community, including silt (Pseudo-F= 2.72, p-value = 0.023), organic matter (Pseudo-F= 3.36, p-value = 0.01), depth (Pseudo-F= 7.35, p-value = 0.001), dissolved oxygen (Pseudo-F= 2.5, p-value = 0.05), pH (Pseudo-F= 4.54, p-value = 0.01), salinity (Pseudo-F= 8.79, p-value = 0.001). The dbRDA ordination plot explained with the first two axes explained 37.1% and 32.8% of the fitted variation and 10.6% and 9.3% of the total variation. The pattern of the macrofaunal samples in each station suggested two gradients of variation. The first gradient was driven by variable “depth” explaining that the benthic composition on the left of the quadrant, most of the stations in the six-month closure zone, were more influenced by depth. The second gradient was driven by the variable “salinity”, clustering the sampling stations in the lower quadrant explaining that those sampling stations are influenced more by salinity, especially during the dry season (Figure 6).

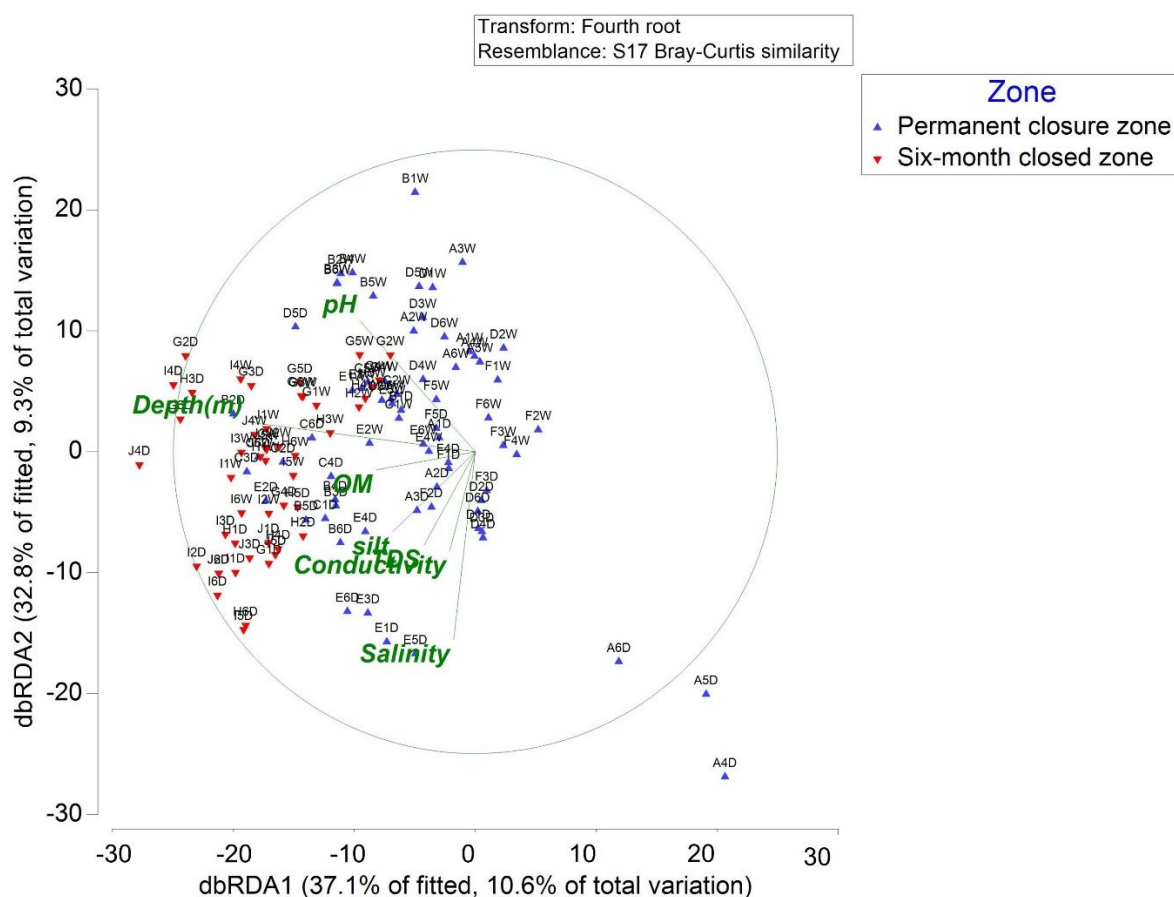


Figure 6 The relationships between the environmental parameters and the abundance of the macrobenthic communities were examined using a distance-based linear model (DISTLM) and distance-based redundancy analysis ordination (dbRDA). The abbreviation code of each point consists of a sampling site (A-J), a replicate number (1 – 6) and a season (Dry or Wet), respectively.

Our results revealed that most environmental parameters observed between two zones were not significantly different except depth, sand, silt, organic matter and salinity. This was because those sampling stations are located in the same micro-region where smaller environmental fluctuation occurs and some benthos can also inhabit in a wide range of environmental conditions (Ysebaert and Herman, 2002). Several environmental variables including sediment structure, organic matter content, temperature, salinity, dissolved oxygen, nutrient concentrations, pH, turbidity, water transparency, and depth have been identified as factors influencing a macrobenthic community (Lamprey and Armah, 2008). Macrobenthic community is shaped by a combination of these factors, and no single factor could be considered as a main influencing factor (Veiga *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2012).

Fishing impacts

Having rich marine and fisheries resources, Chong Ko Chang has served as an important fishing ground for a long time. Both artisanal and commercial fisheries operate throughout this area. The area is as an important fishing ground for undulated surf clams (*Paphia* sp.) in Trat province where clam dredging was generally found to be affecting its population in this area. Due to the decline in fisheries resources in Chong Ko Chang, the Notification of Trat Province went into effect in 2000 to prohibit trawling, dredging, and push net fisheries in the upper part of Chong Ko Chang, while such fisheries were still allowed to operate in the lower part for six months from June to November each year. Since the coastal seas in Thailand were established in 2017 under the Royal Ordinance on Fisheries B.E. 2558 and the Ministerial Regulation on Coastal Seas in Thailand B.E. 2560, all of the areas in Chong Ko Chang, have been automatically protected. As a result, all commercial fisheries are completely prohibited in all coastal seas including the six-month closure zone since then. Because the samplings of this study were conducted in August 2015 and March 2016, the fishing impacts discussed herein refer to the accumulative impacts occurring during 2000 – 2017 or about seventeen years before the newer regulations became effective.

In terms of fishing impacts, the difference in abundance of macrobenthos between the two zones are significantly different and this is probably caused by the combination of fishing activities and environmental factors. The mean total density of macrobenthos in the permanent closure zone was significantly higher than that in the six-month closure zone in both wet and dry seasons. For example, the abundance of bivalves in the permanent closure zone (49.5 ind./m²) was higher than that in the six-month closure zone (37.7 ind./m²). This might be because of the activities of clam dredging which used to operate from March to May in the six-month closure zone. In the other parts

of Trat province, clam dredging starts from March to October since from November to February, the size of clams is under a marketable size (Suksumran *et al.*, 2014). Many studies revealed that dredging has impacts on the population of the parent clams (Chanrachkij, 2012; Yeemin *et al.*, 2011) and other marine benthos (Sciberras *et al.*, 2018). Some epifaunal species such as brittle stars and sea cucumbers were found in less density in the six-month closure zone than in the permanent closure zone, linking it to the possible impacts of bottom trawling on epifauna and juveniles (Tiano *et al.*, 2020; van Denderen *et al.*, 2015).

Based on this study, mean total density, the number of species and species richness seem to be more responsive in linking the fishing impacts on the macrobenthic communities. The higher mean total density and species richness were observed in the permanent closure zone. This corresponds to the study of Hiddink *et al.* (2020) suggesting that taxa numbers, biomass and species richness responded to the monitoring of trawling impacts, but evenness and Shannon–Wiener diversity (H') did not. Macrobenthic communities in the two zones can be also influenced by various environmental factors including silt, organic matter, depth, dissolved oxygen, pH, and salinity.

Conclusions

This is exploratory research illustrating the chronic impacts of fishing activities on the macrobenthic community and the application of macrobenthos as a bioindicator for fishing impact assessments in Chong Ko Chang. The abundance of macrobenthos varied considerably among the study sites. The total mean density observed in the permanent closure zone was higher than that observed in the six-month closure zone. The number of taxa and species richness of the permanent closure zone were also greater than those of the six-month closure zone. Species composition varied seasonally and spatially. Based on the results, the abundance and community structure might be influenced by both environmental conditions (mainly driven by depth, salinity, and pH) and fishing pressure, which were illustrated by the differences in macrobenthic abundance and diversity between zones. However, more detailed studies are still required for clear understandings on temporal and spatial changes in macrobenthos in this area. This study also serves as critical baseline information for future studies and the application of ecosystem-based fisheries management.

Acknowledgement

We gratefully acknowledge the financial support and fieldwork and laboratory assistance from Marine Biodiversity Research Group, Department of Biology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University. We also thank the anonymous reviewers for their insightful comments and suggestions.

References

- Anderson, M. J., Gorley, R. N. and Clarke, K. R. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E: Plymouth, UK. 214 pp.
- Chanrachkij, I. 2012. Environmental impacts by undulated surf clam (*Paphia* spp.) dredge fishing: Case study in Paknam Pranburi estuary and adjacent areas, Pranburi district and Sam Roi Yot district, Prachaup Khiri Khan Province. Master thesis. Kasetsart University, Bangkok. 354 pp. [in Thai]
- Chatanantawej, B. and Thubthimsang, W. 1989. Survey on the short-necked clam (*Papid undulata*) in Trat fishing ground. Technical Paper No. 17. Eastern Marine Fisheries Development Center, Rayong. 32 pp. [in Thai]
- Clarke, K. R., Gorley, R. N., Somerfield, P. J. and Warwick, R. M. 2014. Change in Marine Communities: An approach to Statistical Analysis and Interpretation. 3rd edition. PRIMER-E. Plymouth. 262 pp.
- Du Preez, C., Swan, K. D. and Curtis, J. M. R. 2020. Cold-water corals and other vulnerable biological structures on a north Pacific seamount after half a century of fishing. *Frontiers in Marine Science* 7(17). DOI:10.3389/fmars.2020.00017.
- English, S. A., Baker, V. J. and Wilkinson, C. R. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science. Townsville. 390 pp.
- Fisher, R., Stark, C., Ridd, P. and Jones, R. 2015. Spatial patterns in water quality changes during dredging in tropical environments. *Plos One* 10(12): e0143309. DOI:10.1371/journal.pone.0143309
- Gaspar, M. B., Carvalho, S., Constantino, R., Tata-Regala, J., Cúrdia, J. and Monteiro, C. C. 2009. Can we infer dredge fishing effort from macrobenthic community structure? *ICES Journal of Marine Science* 66(10): 2121-2132.
- Griffiths, L. L., Connolly, R. M. and C. J. Brown. 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean & Coastal Management* 183: 104946. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2019.104946
- Harris, P. T. 2012. Anthropogenic Threats to Benthic Habitats. Elsevier. London. 900 pp.
- Heiri, O., Lotter, A. F. and Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25(1): 101-110.

- Hiddink, J. G., Jennings, S., Sciberras, M., Szostek, C. L., Hughes, K. M., Ellis, N., Rijnsdorp, A. D., McConnaughey, R. A., Mazor, T., Hilborn, R., Collie, J. S., Pitcher, C. R., Amoroso, R. O., Parma, A. M., Suuronen, P. and Kaiser, M. J. 2017. Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(31): 8301-8306.
- Hiddink, J. G., Kaiser, M. J., Sciberras, M., McConnaughey, R. A., Mazor, T., Hilborn, R., Collie, J. S., Pitcher, C. R., Parma, A. M., Suuronen, P., Rijnsdorp, A. D. and Jennings, S. 2020. Selection of indicators for assessing and managing the impacts of bottom trawling on seabed habitats. *Journal of Applied Ecology*. DOI:10.1111/1365-2664.13617
- Jackson, J. B. C. 2008. Ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:11458-11465.
- Jualaong, S. 2007. Studies on macrobenthic fauna community of Chang-Kud Islands Trat province. *Journal of Fisheries Technology Research* 1(2): 273 - 285. [in Thai]
- Kaiser, M. J., Collie, J. S., Hall, S. J., Jennings, S. and Poiner, I. R., 2002. Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. *Fish and Fisheries* 3(2): 114-136.
- Kanmarangkool, S., Whanpetch, N., Aryuthaka, C., Limviriyakul, P. 2019. Impact of environmental factors changing on short neck clam (*Paratapes undulatus* (Born, 1778)) populations and dominant species of benthos at Koh Chang, Trat Province. *Proceedings of the 57th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries*. Bangkok (Thailand): 322-329. [in Thai]
- Lamprey, E. and Armah, A. K. 2008. Factors affecting macrobenthic fauna in a tropical hypersaline coastal lagoon in Ghana, West Africa. *Estuaries and Coasts* 31(5): 1006-1019.
- Martín, J., Puig, P., Palanques, A. and Giamportone, A. 2014. Commercial bottom trawling as a driver of sediment dynamics and deep seascape evolution in the Anthropocene. *Anthropocene* 7: 1-15.
- National Research Council. 2002. Effects of trawling and dredging on seafloor habitat. The National Academies Press. Washington D. C. 136 pp.
- Poonapa-amporn, C., Thaipichitburapa, P., and Meksumpun, C. 2019. Diversity of benthos in Trat bay, Trat province. *Khon Kaen Agriculture Journal* 47 (suppl. 1): 1195-1200. [in Thai]
- Pierdomenico, M., Russo, T., Ambroso, S., Gori, A., Martorelli, E., D'Andrea, L., Gili, J. M. and Chiocci, F. L. 2018. Effects of trawling activity on the bamboo-coral *Isidella elongata* and the sea pen *Funiculina quadrangularis* along the Gioia Canyon (Western Mediterranean, southern Tyrrhenian Sea). *Progress in Oceanography* 169: 214-226.

- Putchakarn, S. 2005. Marine benthic macrofauna along the eastern coast of Thailand. Institute of Marine Science, Burapha University. Chonburi. 128 pp. [in Thai]
- Romano, C., Fanelli, E., D'Anna, G., Pipitone, C., Vizzini, S., Mazzola, A. and Badalamenti, F. 2016. Spatial variability of soft-bottom macrobenthic communities in northern Sicily (Western Mediterranean): Contrasting trawled vs. untrawled areas. *Marine Environmental Research* 122: 113-125.
- Rooper, C. N., Wilkins, M. E., Rose, C. S. and Coon, C. 2011. Modeling the impacts of bottom trawling and the subsequent recovery rates of sponges and corals in the Aleutian Islands, Alaska. *Continental Shelf Research* 31(17): 1827-1834.
- Sciberras, M., Hiddink, J. G., Jennings, S., Szostek, C. L., Hughes, K. M., Kneafsey, B., Clarke, L. J., Ellis, N., Rijnsdorp, A. D., McConnaughey, R. A., Hilborn, R., Collie, J.S., Pitcher, C. R., Amoroso, R. O., Parma, A. M., Suuronen, P. and Kaiser, M. J. 2018. Response of benthic fauna to experimental bottom fishing: A global meta-analysis. *Fish and Fisheries* 19(4): 698-715.
- Sciberras, M., Hinz, H., Bennell, J. D., Jenkins, S. R., Hawkins, S. J. and Kaiser, M. J. 2013. Benthic community response to a scallop dredging closure within a dynamic seabed habitat. *Marine Ecology Progress Series* 480: 83. DOI:10.3354/meps10198.
- Shephard, S., Minto, C., Zölck, M., Jennings, S., Brophy, D. and Reid, D. 2013. Scavenging on trawled seabeds can modify trophic size structure of bottom-dwelling fish. *ICES Journal of Marine Science* 71(2): 398-405.
- Shou, L., Huang, Y., Zeng, J., Gao, A., Liao, Y. and Chen, Q. 2009. Seasonal changes of macrobenthos distribution and diversity in Zhoushan sea area. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 12(1), 110-115.
- Suebpa, W., Chuenpagdee, R., Nitithamyong, C. and Yeemin, T. 2017. Ecological impacts of fishing gears in Thailand: Knowledge and gaps. *Asian Fisheries Science* 30(4): 284–305.
- Suksumran, N., Tunvilai, R. and Lerdprasert, W. 2014. Utilization patterns of short-necked clam resource. Eastern Gulf Fisheries Research and Development Center (Rayong), Department of Fisheries. Bangkok. 11 pp. [in Thai]
- Tiano, J. C., van der Reijden, K. J., O'Flynn, S., Beauchard, O., van der Ree, S., van der Wees, J. Ysebaert, T. and Soetaert, K. 2020. Experimental bottom trawling finds resilience in large-bodied infauna but vulnerability for epifauna and juveniles in the Frisian Front. *Marine Environmental Research* 159: 104964. DOI:10.1016/j.marenvres.2020.104964.

- Tiano, J. C., Witbaard, R., Bergman, M. J. N., van Rijswijk, P., Tramper, A., van Oevelen, D. and Soetaert, K. 2019. Acute impacts of bottom trawl gears on benthic metabolism and nutrient cycling. *ICES Journal of Marine Science* 76(6): 1917-1930.
- Tunvilai, R., Suksumran, N., Jipum, S. 2017. Broodstock enhancement of short-necked clam (*Paphia undulata*) in Trat Province. Extension Paper No. 2/2017. Marine Fisheries Research and Development Division. Department of Fisheries. 14 pp. [in Thai]
- Turner, S. J., Thrush, S. F., Hewitt, J. E., Cummings, V. J. and Funnell, G. 1999. Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Management and Ecology* 6(5): 401-420.
- van Denderen, P. D., Bolam, S. G., Hiddink, J. G., Jennings, S., Kenny, A., Rijnsdorp, A. D. and van Kooten, T. (2015). Similar effects of bottom trawling and natural disturbance on composition and function of benthic communities across habitats. *Marine Ecology Progress Series* 541: 31-43.
- Veiga, P., Redondo, W., Sousa-Pinto, I., and Rubal, M. 2017. Relationship between structure of macrobenthic assemblages and environmental variables in shallow sublittoral soft bottoms. *Marine Environmental Research* 129: 396-407.
- Yeemin, T., Saenghaisuk, C., Yuchareon, M., Donsomjit, W. and M. Sutthacheep. 2011. Effects of clam dredging on the population density of the surf clam *Paphia undulata* in the eastern Gulf of Thailand. Paper presented at the 2011 Annual Meeting of the Society for Conservation Biology, Auckland, New Zealand, December 5-9, 2011.
- Ysebaert, T., and Herman, P. 2002. Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. *Marine Ecology Progress Series* 244: 105-124.
- Zhang, J., Xu, F. and Liu, R. 2012. Community structure changes of macrobenthos in the South Yellow Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 30(2): 248-255.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงาน: กรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

Factors that Affect Efficiency Perception: A Case Study of SMEs in Shrimp Farms in The Province of Chachoengsao

เดชา ศิริเดชะวงศ์^{1*} และ ทิพย์รัตน์ แสงเรืองรบ²

Dachar Siritechawong^{1*} and Tibrat Sangroengrob²

¹ นักศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด วิทยาเขตกรุงเทพมหานคร

¹ Master of Business Administration Program, Stamford International University Bangkok Campus

² ดร. อาจารย์ประจำบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด วิทยาเขตกรุงเทพมหานคร

² Ph.D., Instructor, Graduate School, Stamford International University Bangkok Campus

Corresponding author: dachar_siri@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานในฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล โดยศึกษากรณีตัวอย่างธุรกิจขนาดเล็กฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในจังหวัดฉะเชิงเทรา กลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรผู้ประกอบการ ธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวน 400 ตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการประมวลผลโดยใช้สถิติเชิงบรรยายและเทคนิควิเคราะห์ข้อมูลแบบถดถอยพหุคูณ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานของเกษตรกรผู้ประกอบการ

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพการทำงานมี 4 ปัจจัย ประกอบด้วย (1) ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (2) ปัจจัยด้านความสามารถทางอารมณ์ (3) ปัจจัยด้านทักษะการติดต่อสื่อสาร และ (4) ปัจจัยด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทาน โดยปัจจัยด้านเทคโนโลยีส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพการทำงานของผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราในระดับสูงสุด ส่วนปัจจัยด้านความรู้ไม่มีผลต่อการรับรู้ต่อประสิทธิภาพการทำงานในธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่าผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ควรแสวงหาความรู้ด้านในด้านต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาการประกอบธุรกิจ ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี ด้านการสื่อสาร และด้านห่วงโซ่อุปทาน ให้ทันกับโลกปัจจุบันอยู่เสมอเพราะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ไม่ควรใช้เคยชินแนวทางการปฏิบัติแบบเดิมจะทำให้ล้าสมัยและเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาได้

คำสำคัญ: SMEs, ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง, ประสิทธิภาพต่อการทำงาน

Abstract

This research aimed to examine the factors that affect the efficiency perception of work in shrimp farms by studying the case of small business of shrimp farms in Chachoengsao province. The sample consisted of 400 SMEs shrimp farmers. Questionnaires were used as a tool to collect data. Descriptive statistics and data analysis techniques for the multiple regression were used to find the correlation coefficient of factors that affect the efficiency perception of the shrimp farmers work.

The results of the research found that there were 4 factors that affected efficiency perception of work: (1) Technology factor, (2) Emotional ability, (3) Communication skills, and (4) Supply chain knowledge. Technological factors influenced the perception of the efficiency of SMEs shrimp farms in Chachoengsao province at the highest level; on the other hand, the knowledge factor did not affect the perception of work efficiency in SMEs shrimp farms in Chachoengsao province.

Therefore, the researcher has suggested that SMEs of shrimp farm farms should seek knowledge in various fields to be used in business development, including technology knowledge Communication and the supply chain in order to keep up with the current new normal world because of rapid changes. They should not be accustomed to the old practices which was obsolete.

Keywords: SMEs, Shrimp Farming, Work Efficiency

คำนำ

ธุรกิจ SMEs เป็นธุรกิจขนาดย่อมช่วยในการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากธุรกิจขนาดย่อมช่วยให้เกิดการกระจายรายได้จากกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจไปสู่กลุ่มคนต่าง ๆ ทำให้เกิดการจ้างงานและประชาชนมีรายได้ ซึ่งเป็นตัวช่วยให้โครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมดีขึ้น (Institute for small and Medium Enterprises Development (ISMED, 2560: online ; Department of Business Development, 2560: online) การประกอบธุรกิจฟาร์มเพาะพันธุ์กุ้ง เป็นธุรกิจขนาดย่อมที่นิยมเลี้ยงกุ้งมากโดยทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งได้มีการดำเนินมาอย่างต่อเนื่องมากกว่า 30 ปี โดยเริ่มเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาจากประสบการณ์เลี้ยงกุ้งของประเทศไทยทำให้มีองค์ความรู้ในการจัดการเลี้ยงกุ้งมากมาย แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ผ่านมาพบว่า มีผลผลิตตกต่ำ เติบโตช้า ไม่สามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ดีเหมือนที่ผ่านมา จึงได้มีการอนุญาตนำเข้ากุ้งขาวแวนนาไมเข้ามาเลี้ยงอย่างถูกต้องเมื่อปี 2542 ทั้งนี้เพื่อเป็นทางเลือกในการเลี้ยงกุ้งในสภาวะที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลผลิตตกต่ำ ซึ่งเป็นการเสริมศักยภาพและโอกาสทางการตลาดของกุ้งไทยได้อีกทางหนึ่ง ส่งผลให้เกษตรกรหันมาประกอบอาชีพการทำธุรกิจการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งกันอย่างแพร่หลาย จึงมีผลผลิตออกมาที่สร้างรายได้ที่ดีแก่เกษตรกร เพราะถือได้ว่าการส่งออกของประเทศไทยส่งออกสินค้ากุ้งและผลิตภัณฑ์อันดับหนึ่งของโลก และมีอัตราการขยายตัวของปริมาณและมูลค่าการส่งออกในช่วง 5 ปี (2550-2554) เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 3.8 และร้อยละ 8.15 ต่อปีตามลำดับ

จังหวัดฉะเชิงเทรามีลักษณะสภาพภูมิอากาศเป็นแบบเขตเมืองร้อน หรือแบบอากาศร้อนชื้น ตั้งอยู่แถบเส้นศูนย์สูตร มีอุณหภูมิจะสูงเกือบตลอดปี โดยเฉพาะในช่วงเดือนมีนาคม – พฤษภาคม ซึ่งเดือนเมษายนจะร้อนที่สุด และในเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ เดือนธันวาคม ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงใต้จะมีอากาศชุ่มชื้นและฝนตกต่อเนื่องตลอดฤดู เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมบก ลมทะเล ประกอบกับตั้งอยู่ในเขตมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ดังนั้น จึงมีฝนตกปริมาณพอเพียงตามฤดูกาล ความชื้นใกล้เคียงกับจังหวัดชายทะเลฝั่งตะวันออก ประชากรในจังหวัดฉะเชิงเทรามีอาชีพพื้นฐานด้านการเกษตรเป็นแหล่งผลิตอาหารเพื่อเลี้ยงประชากรในภูมิภาคและกรุงเทพมหานครประมาณร้อยละ 70 ประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรมที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในจังหวัดคิดเป็นมูลค่าประมาณ 27,681 ล้านบาทต่อปี (Chachoengsao Agricultural Extension, 2558 : online) ผลผลิตที่สร้างชื่อเสียงให้แก่จังหวัดในด้านพืช ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย มะพร้าว มะม่วงและหมาก เป็นต้น ด้านปศุสัตว์ได้แก่ ไก่ ไก่เนื้อ เป็ด ไก่เนื้อ และสุกร ซึ่งเป็นแหล่งผลิตมากที่สุดของประเทศ และในด้านประมงได้มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น กุ้งขาวแวนนาไม กุ้งกุลาดำ ปลาน้ำจืด ปลาน้ำกร่อย และกิจการประมงทะเล โดยเฉพาะในเขตอำเภอบางปะกง บางน้ำเปรี้ยว อำเภอนมสรวงและอำเภอรสาธิน ด้วยสภาพภูมิประเทศของจังหวัดฉะเชิงเทราที่ใกล้ทะเล การเพาะพันธุ์กุ้งในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราจึงนิยมในหลายพื้นที่และถือได้ว่า นิยมเลี้ยงกุ้งอยู่ระดับต้นของประเทศ เมื่อเปรียบเทียบกับในเขตจังหวัดที่ใกล้เคียงได้แก่ สมุทรปราการ จันทบุรี เป็นต้น การเลี้ยงกุ้งหรือการประกอบกิจการฟาร์มเพาะพันธุ์กุ้งจึงเป็นที่นิยมของประชากรในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา เพราะสามารถสร้างรายได้สูงให้แก่ประชากรในช่วง 5 ปี (2550-2554) ที่สร้างรายได้มหาศาลกับประชากรในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา การประกอบการธุรกิจฟาร์มเพาะพันธุ์กุ้งขาวเพิ่มขึ้นมากขึ้น การแข่งขันสูง และในปี พ.ศ.2555 อุตสาหกรรมกุ้งของไทยประสบกับหลายปัจจัยรุนแรง เช่น ปัญหาโรคระบาด โดยปัญหาดังกล่าวยังคงต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันทำให้ปีพ.ศ.2556 ผู้ผลิตและผู้ส่งออกกุ้งของไทยเริ่มมีการผลิตกุ้งขาวลดลง สืบเนื่องมาจากปัญหาโรคระบาดที่เข้ามา อาทิเช่น อาการตายด่วน หรือโรค Early Mortality Syndrome : EMS, ตัวแดงดวงขาวและโรคซีขาว ซึ่งเป็นโรคที่ทำให้กุ้งมีอัตราการตายสูง ส่งผลกระทบต่อการผลิตกุ้งขาวของไทย แต่ปี2554 เป็นต้นมา และลดลงอย่างต่อเนื่อง เช่น ปี2554 ลดลงร้อยละ 6.25 ปี 2555 ลดลงร้อยละ10 และในปี2556 ลดลงร้อยละ 53

การบริหารเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จ การประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเพาะพันธุ์กุ้งขาวและแนวทางในปัจจุบันผู้บริหารต้องมีทักษะองค์ความรู้ มีนโยบายการบริหารจัดการด้านเทคโนโลยี เพื่อให้ผู้ประกอบการธุรกิจสามารถดำเนินการธุรกิจได้ดำเนินการต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาการผลิตที่ใช้เครื่องทุ่นแรงมากขึ้นมีการปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตอย่างต่อเนื่องการขยายอัตราการลงทุนต่อหน่วยแรงงาน การเพิ่มจำนวนการขอสินเชื่อเพื่อขยายขนาดของฟาร์มการใช้เทคนิคการตลาดใหม่ ๆ ซึ่งทั้งหมดนี้ทำให้มีการเสี่ยงในการประกอบการธุรกิจเพิ่มขึ้น (Gulick and Urwick (1937) ที่ได้เสนอแนวคิดไว้ 7 ประการที่เรียกกันว่า POSDCORB ได้แก่ การวางแผน การจัดการ การบริหารบุคคล การอำนวยการ การประสานงาน การรายงาน และงบประมาณเป็นแนวคิดที่เป็นวิธีการบริหารที่ดีแนวคิดหนึ่ง (Gulick and Urwick, 1937) ซึ่งการบริหารจัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งสามารถนำมาใช้ในการดำเนินธุรกิจเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการประกอบการธุรกิจได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานของธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

การทบทวนวรรณกรรม

1. ความรู้ (Knowledge) คือสิ่งที่เกิดจากการเรียน การค้นคว้า ความคุ้นเคย ความเชี่ยวชาญ ประสพการณ์ (Dictionary of Thai Etymology, 2553) ที่ถูกสั่งสมมาจากการศึกษาทั้งในสถาบันการศึกษา สถาบันฝึกอบรม/สัมมนาหรือการศึกษาด้วยตนเองรวมถึงข้อมูลที่ได้รับจากการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์กับผู้รู้ทั้งในสายวิชาชีพเดียวกันและต่างสายวิชาชีพ (Phoowitphan, 2548) ความรู้ในการทำงานจะเป็นการกำกับดูแลงานโดยอาศัยความรู้จากการศึกษาเพื่อให้เกิดความรู้ในงานด้านที่เกี่ยวข้องและตรงกับลักษณะงานนั้น ๆ (Noe *et al.*, 2018) ความรู้เกิดจากขบวนการเรียนรู้ทางด้านเนื้อหาวิชาการต่างๆ รวมถึงสภาพแวดล้อม วิชาการและเทคโนโลยี (Huczynski and Buchanan, 2013) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology) เป็นวิทยาการที่นำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทางปฏิบัติและอุตสาหกรรม เช่น เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ นาโนเทคโนโลยี (Dictionary of Thai Etymology, 2553: 529) ผู้ประกอบการต้องมียอดความรู้ด้านเทคโนโลยี เพราะความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology) นำมาใช้ในกิจกรรมประกอบธุรกิจ (DeCenzo *et al.*, 2013) ความรู้ด้านห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) เป็นยุทธศาสตร์การดำเนินงานซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนร่วมควบคู่ไปกับทางเลือกในการออกแบบโครงสร้างและโครงสร้างพื้นฐานของห่วงโซ่อุปทานเพื่อสร้างขีดความสามารถที่สนับสนุนกลุ่มลูกค้าที่มีคุณภาพ เพื่อเชิงกลยุทธ์ในวัตถุประสงค์ในการแข่งขันขององค์กรในการกำหนดเป้าหมายส่วนใหญ่เป็นกระบวนการวางแผนที่จะเกิดขึ้นได้หลายระดับ ซึ่งลำดับขั้นของแผนยุทธศาสตร์ประกอบด้วย 1) การวางแผนองค์กร 2) การวางแผนหน่วยธุรกิจ ยุทธศาสตร์ (SBU) และ 3) การวางแผนการปฏิบัติงาน ทั้งสามระดับนี้ ควรมีการเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน (Swink, 2018)

2. ทักษะการติดต่อสื่อสาร (Communication skills) เป็นการบอกต่อ การเผยแพร่ถ่ายทอดคำข้อความหรือหนังสือที่ได้จากการฟัง พูด อ่าน เขียน จากบุคคลหนึ่งหรือสถานที่หนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งหรืออีกสถานที่หนึ่ง (Dictionary of Thai Etymology, 2553) ในองค์กรควรใช้โปรแกรมการสื่อสารที่เหมาะสม โปรแกรมดังกล่าวควรใช้เพื่อประสิทธิผลและความสามารถสูงสุด นอกนั้นยังทำให้เกิดความภาคภูมิใจต่อองค์กรเครื่องมือที่ใช้ เช่น Email ข้อความเสียงเว็บไซต์ในการประชุม และการประชุมผ่านวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ (Vedio Conference) เพื่อความรวดเร็วและบรรลุเป้าหมาย (DeCenzo *et al.*, 2013) การสื่อสารช่วยให้พนักงานสื่อสารกับบุคคลในองค์กรหรือระหว่างองค์กรได้โดยตรง ทันที ทุกที่ ทุกเวลา ขึ้นอยู่กับระบบสื่อสารขององค์กร เช่น Facebook, Line, Twitter ระบบการสื่อสารเหล่านี้ ช่วยให้พนักงานสามารถติดต่อกันได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงตำแหน่งในบริษัทซึ่งให้ความสำคัญและความเข้าใจของการสื่อสารในการเข้าถึงผลประโยชน์ดังกล่าวทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนั้นยังใช้ช่องทางการสื่อสารในการประชุมแบบตัวต่อตัว เพื่อได้รับประโยชน์มากที่สุด (DeCenzo *et al.*, 2013 ; Beebe and Lvy, 2016)

3. ความสามารถทางอารมณ์ (Emotional Ability) เป็นทัศนคติในแง่ที่ดีที่มีความความคล่องตัวในความคิดที่ถูกต้องรวดเร็วมีทัศนคติการเรียนรู้ที่ดีและความสมดุลทางอารมณ์ มีความสามารถในการรับมือกับความไม่แน่นอนและความไม่สมบูรณ์ ได้ทุกสถานการณ์ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการบริหารจัดการเรื่องเจ้านายหรือผู้ใต้บังคับบัญชา แสดงให้เห็นถึงความเป็นผู้นำสูงในมิติของ EQ มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเป็นผู้นำที่มีประสิทธิภาพ (Mittal and Sindhu, 2012) Emotional Stability เป็นความมั่นคงทางอารมณ์ เช่น ความรู้สึกที่ผ่อนคลาย ความปลอดภัย และการเปิดรับประสบการณ์ใหม่ ๆ (Kinicki and Williams, 2018)

4. ประสิทธิภาพในการทำงาน (Efficiency) เป็นการใช้ทักษะและความสามารถในการทำงานของแรงงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์คือได้รับประสิทธิผลและเป็นประโยชน์ต่อลูกค้าผู้ถือหุ้นและพนักงาน (Lussier, 2017) ประสิทธิภาพทางวิชาการในการพัฒนาใน Econometric เป็นวิธีใช้แอปพลิเคชันที่แสดงให้เห็นถึงการคำนวณได้อย่างถูกแม่นยำ (Greene, 2007) ประสิทธิภาพ (Effectiveness) หมายถึง การใช้ทรัพยากรขององค์กรให้บรรลุเป้าหมายขององค์กร ประสิทธิภาพมุ่งทำให้เกิดการทำให้ถูกต้อง (Doing the Right Things) ส่วนคำว่าประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง เป็นวิธีการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดความสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายโดยใช้ทรัพยากรต่ำสุด กล่าวคือเป็นการใช้โดยมีเป้าหมาย (Goal) คือ ประสิทธิภาพหรือให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้สูงสุดอาจเรียกว่าทำสิ่งต่างๆ ให้ถูกต้อง (Doing Things Right) การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงาน สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพ คือ การบรรลุเป้าหมาย โดยใช้ทรัพยากรที่ต่ำกว่าปกติและได้ผลรับเท่าเดิมหรือมากกว่า (Certo, 2000; Lussier, 2017)

กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยในการศึกษา “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงาน กรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา” ดังนี้

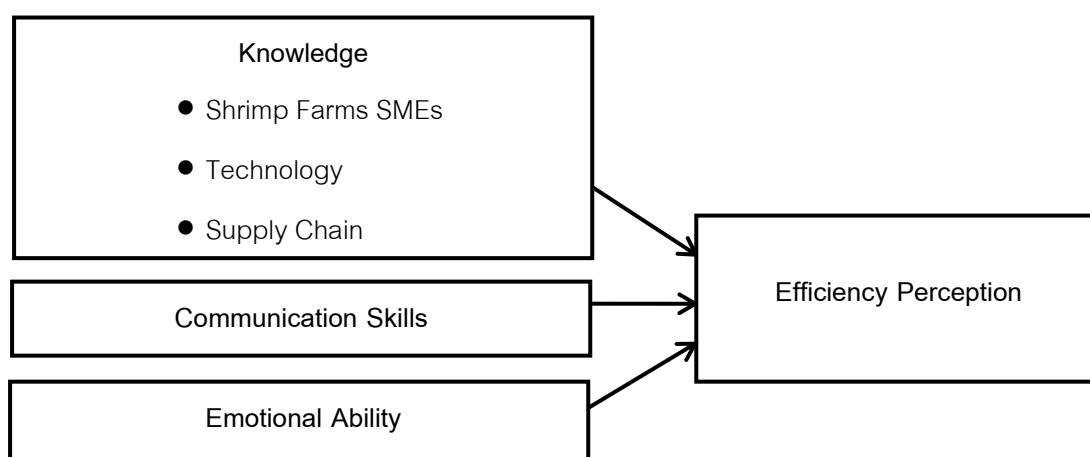


Figure 1: Research Framework

สมมติฐานในการวิจัย

H_{0#1n} ปัจจัยด้านความรู้ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ไม่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพ ในการทำงาน กรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{1#1n} ปัจจัยด้านความรู้ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพ ในการทำงาน กรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{0#1ข} ปัจจัยด้านความรู้เทคโนโลยี ไม่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{1#1ข} ปัจจัยด้านความรู้เทคโนโลยี ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{0#1ค} ปัจจัยด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทาน ไม่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพ ในการทำงาน กรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{1#1ค} ปัจจัยด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทาน ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพ ในการทำงาน กรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{0#2} ปัจจัยด้านทักษะการติดต่อสื่อสาร ไม่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพ ในการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{1#2} ปัจจัยด้านทักษะการติดต่อสื่อสาร ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพ ในการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{0#3} ปัจจัยด้านความสามารถทางอารมณ์ ไม่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

H_{1#3} ปัจจัยด้านความสามารถทางอารมณ์ ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

วิธีดำเนินการ

1. การออกแบบการวิจัย ผู้วิจัยได้เลือกการวิจัยแบบบรรยาย (Descriptive Research) ซึ่งใช้อธิบายข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงตามสถานการณ์นั้นแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อสะท้อนให้เห็นว่าสภาพการณ์เหล่านั้นเป็นอย่างไร เมื่อได้ข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงมาแล้วก็จะใช้สถิติเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาและนำตัวเลขมาวิเคราะห์เพื่อสรุปถึงปัจจัยที่ส่งผลและไม่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานของฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือเกษตรกรที่ประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา มีจำนวน 3,232 ราย (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) กลุ่ม

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรที่ประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ ยามาเน่ (Yamane, 1967) ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย เท่ากับ 356 ตัวอย่างและเพื่อให้แน่ใจว่างานวิจัยที่สามารถรักษาความเชื่อมั่นได้ 95% จึงทำการเก็บแบบสอบถาม 400 ตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาได้มาจากการสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non Probability Sampling) และใช้วิธีเลือกสุ่มตัวอย่างแบบตามสะดวก (Convenience Sampling) โดยขอรายชื่อผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราจากสำนักงานประมงอำเภอของจังหวัดฉะเชิงเทรา ทั้ง 10 อำเภอ ได้แก่ (1)อ.เมือง (2)อ.บางคล้า (3)อ.บางน้ำเปรี้ยว (4)อ.บางปะกง (5)อ.บ้านโพธิ์ (6)อ.บางน้ำเปรี้ยว (7)อ.พนมสารคาม (8)อ.สนามชัยเขต (9)อ.แปลงยาว และ (10)อ.ท่าตะเกียบ และกิ่งอ.คลองเขื่อน และรวบรวมข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามที่ส่งข้อมูลกลับมายังผู้วิจัย อำเภอละ 40 ตัวอย่าง รวม 400 ตัวอย่าง

3. เครื่องมือที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูล สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่เป็นลักษณะของแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ คำถามส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านคุณภาพที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานด้วยมาตรวัดประมาณค่า อัตราภาค (Interval Scale) 5 ระดับ และส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลทางประชากรศาสตร์ ได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Pre-Test) จำนวน 30 ชุด ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคุณภาพเครื่องมือ โดยการหาค่าความเที่ยงหรือความเชื่อถือได้ของแบบสอบถาม (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) การทดสอบพบว่าค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดได้อยู่ที่ระดับ 0.824

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามนำมาวิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่และหาค่าร้อยละ (2) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Exploratory Factor Analysis) ด้วยการหาค่า Extraction Communalities การหมุนแกน (Rotation Component Matrix) และการหาค่า KMO และค่า Eigen Value เพื่อความเที่ยงตรงของโครงสร้างของแบบสอบถาม (Construction Validity) ที่มีความสมบูรณ์และตรงกับแนวทฤษฎีทั้ง 5 ปัจจัย และ (3) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบถดถอย (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลประชากรศาสตร์ ลักษณะข้อมูลทางประชากรศาสตร์ จากกลุ่มตัวอย่างจากเกษตรกรที่ประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 400 ตัวอย่าง ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ และประสบการณ์ พบว่าร้อยละ 51.50 เป็นเพศหญิง ร้อยละ 41.50 มีอายุ 51 ปีขึ้นไป ร้อยละ 94.60 มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 96 มีสถานภาพสมรส และร้อยละ 41.50 มีประสบการณ์ 6-10 ปี

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Exploratory Factor Analysis) ดังนี้ (2.1) การหาค่า Extraction Communalities ของตัวแปร ได้ทำการหาค่า 2 ครั้ง จึงได้ค่า Communalities มากกว่า 0.5 ทุกตัวแปรแสดงถึงความสัมพันธ์ของทุกคำถาม (2.2)การหมุนแกน (Rotation Component Matrix) เมื่อได้ค่ามากกว่า 0.5 ซึ่ง

แสดงถึงความสัมพันธ์ของทุกคำถาม และ(2.3) ค่า KMO และค่า Eigen Value หลังจากสกัดปัจจัยแล้วพบว่า ค่า KMO and Bartlett's test of sphericity ได้ = 0.859 แสดงว่าข้อมูลตัวอย่างมีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์โดยเทคนิค Factor Analysis เพราะว่ามีค่า KMO มากกว่า 0.5 และค่า Eigenvalue ได้เท่ากับ 76% แสดงว่าแบบสอบถามมีความเที่ยงตรงของโครงสร้างของแบบสอบถาม(Construct Validity) มีความสมบรูณ์ และตรงกับแนวทฤษฎี

3. ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบถดถอย (Multiple Regression Analysis) พบว่ามี 4 ปัจจัย โดยเรียงลำดับได้ ดังนี้ ปัจจัยความรู้ด้านเทคโนโลยีมี Beta = 0.512 ค่า Sig = 0.00 ปัจจัยด้านความสามารถทางอารมณ์มีค่า Beta = 0.295 ค่า Sig = 0.00 ปัจจัยด้านทักษะการสื่อสาร Beta = 0.128 ค่า Sig = 0.01 ปัจจัยด้านห่วงโซ่อุปทาน Beta = -0.085 ค่า Sig = 0.033 ในค่า Beta ที่เป็นลบ คือ ค่าความรู้ด้านห่วงโซ่อุปทานมีผลกระทบในเชิงลบที่ส่งผลในประสิทธิภาพต่อการทำงานในขณะที่ปัจจัยด้านความรู้ SMEs ฟาร์มกุ้ง ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพทำงาน กรณีศึกษาธุรกิจ ของ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 1 จากศึกษาวิจัยทางสถิติในครั้งนี้พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจของ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา มีอยู่ 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยความรู้ด้านเทคโนโลยีมี ปัจจัยด้านความสามารถทางอารมณ์ ปัจจัยด้านทักษะการสื่อสารและปัจจัยด้านห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งมีปัจจัยด้านห่วงโซ่อุปทานมีผลกระทบแบบเชิงลบต่อประสิทธิภาพการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจของ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

Table 1: Results of Multiple Regression Analysis

Factor	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	3.923	.033		119.684	.000
Emotional Ability	.243	.033	.295	7.401	.000*
Technology	.422	.033	.512	12.848	.000*
Communication	.106	.033	.128	3.222	.001*
Supply Chain	-.070	.033	-.085	-2.139	.033*
Knowledge	.001	.033	.001	.036	.971

* Statistical significance was at 0.05

4. ผลการวิเคราะห์สมมติฐาน จากการวิเคราะห์สมมติฐาน แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยด้านต่าง ๆ มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราทั้ง 4 ด้าน สำหรับปัจจัยที่มีประสิทธิภาพต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานในการทำธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรามากที่สุด คือ ปัจจัยด้านความรู้เทคโนโลยี ซึ่งมีค่า Beta = 0.512 มีค่าความคิดเห็นทางสถิติสูงสุด

เป็นอันดับ 1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานรองลงมาเป็นอันดับที่ 2 คือ ปัจจัยความสามารถด้านความสามารถทางอารมณ์ ซึ่งมีค่า $Beta = 0.295$ รองลงมาอันดับที่ 3 คือ ปัจจัยด้านทักษะการติดต่อสื่อสาร ซึ่งมีค่า $Beta = 0.128$ รองลงมาอันดับที่ 4 ปัจจัยด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งมีค่า $Beta = -.085$ ทั้ง 4 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานในการทำธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

Table 2: hypothesis testing between factors that affect performances. A Case Study of SMEs in Shrimp Farms in the province of Chachoengsao

Hypothesis	Hypothesis Testing Results	Sig. Value
1. Knowledge Factor does not affect to the Efficiency Perception: A case studies on SMEs, shrimp farms in the province of Chachoengsao.	Accept	.971
2. Technology Factors does not affect to the Efficiency Perception: A case study business SMEs Shrimp farming in the province of Chachoengsao.	Reject	.000*
3. Supply chain knowledge Factors does not affect to the Efficiency Perception: A case study business SMEs Shrimp farming in the province of Chachoengsao.	Reject	.033*
4. Communication Skills Factors does not affect to the Efficiency Perception: A case studies on SMEs, shrimp farms in the province of Chachoengsao.	Reject	.001*
5. Emotional Ability Factors It does not affect to the Efficiency Perception: A case study business SMEs shrimp farming in the province of Chachoengsao	Reject	.000*

* Statistical significance was at 0.05

วิจารณ์ผลและสรุปผล

1. ปัจจัยด้านความรู้เทคโนโลยี (Technology) จากผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านความรู้เทคโนโลยีส่งผลต่อการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ให้ความคิดเห็นต่อปัจจัยด้านความรู้เทคโนโลยี โดยมีค่า $Beta = 0.512$ ซึ่งมีค่าความคิดเห็นทางสถิติสูงสุดต่อการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่ากลุ่มตัวอย่างของผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ได้แสดงความคิดเห็นถึงปัจจัยทางเทคโนโลยีโดยมีความคิดเห็นในระดับสูง

สรุปผลได้ว่าเกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี และรู้จักการแสวงหาความรู้ด้านเทคโนโลยีเพื่อมาพัฒนาในการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลให้มากที่สุดและนำมาใช้ในการพัฒนาการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ปัจจัยด้านความสามารถทางอารมณ์ (Emotional Ability) จากผลการวิจัยปัจจัยความสามารถทางอารมณ์ที่มีประสิทธิภาพส่งผลต่อการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล กลุ่มตัวอย่างเกษตรกร

ผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา แสดงความคิดเห็นต่อปัจจัยด้านความสามารถทางอารมณ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการทำงานธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในลำดับรองลงมา โดยมีค่าสัมพัทธ์สูงเป็นอันดับที่ 2 ซึ่งมีค่า $Beta = 0.295$

สรุปผลได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าปัจจัยความสามารถทางอารมณ์มีผลต่อการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล เนื่องจากเกษตรกรผู้ประกอบการต้องมีความสามารถทางทางด้านนี้ในการทำงาน เพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุมีผล และถูกวิธีเพื่อประกอบการตัดสินใจในการทำธุรกิจด้วยตนเอง

3. ปัจจัยด้านทักษะการติดต่อสื่อสาร (Communication) จากผลการวิจัยปัจจัยด้านทักษะการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพส่งผลต่อการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แสดงความคิดเห็นต่อปัจจัยด้านทักษะการติดต่อสื่อสารที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล โดยมีค่าสัมพัทธ์สูงรองลงมาเป็นอันดับที่ 3 ซึ่งมีค่า $Beta = 0.128$

สรุปผลได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าปัจจัยด้านทักษะการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพส่งผลต่อการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล และทำให้เกิดความมั่นคงทางธุรกิจได้

4. ปัจจัยด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain knowledge) จากผลการวิจัยปัจจัยด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทานที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานกรณีศึกษาธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยมีค่า $Beta = -0.085$ ซึ่งเป็นค่าความคิดเห็นทางสถิติลำดับที่ 4 ต่อการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่ากลุ่มตัวอย่างของผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล แสดงความคิดเห็นถึงปัจจัยด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทาน การจัดระบบการด้านการตลาด การแปรรูปสินค้า และกระบวนการจัดจำหน่ายการจัดเก็บสินค้ามีประสิทธิภาพต่อการประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในพื้นที่จริงของการเลี้ยงกุ้งร้านอาหารที่จำหน่ายอาหารกุ้งและอุปกรณ์การเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้กับสถานประกอบการอยู่แล้วทำให้ได้รับความสำคัญในระดับที่น้อยลงไป

สรุปผลได้ว่าผู้ประกอบการไม่ให้ความสำคัญต่อปัจจัยด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทานที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานของธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล เพียงแต่อาจจะรู้ว่าปัจจัยด้านห่วงโซ่อุปทานนี้มีความสำคัญ แต่ยังไม่มีความต้องการความรู้ห่วงโซ่อุปทานเพิ่มเติม เพราะเป็นปัจจัยที่มีอยู่แล้วและเคยชิน

5. ปัจจัยด้านความรู้ SMEs ฟาร์มกุ้ง (Knowledge) จากผลการวิจัย พบว่าปัจจัยด้านความรู้ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล (Knowledge) ที่ส่งผลต่อการประกอบธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ทางเกษตรกรผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราได้แสดงความคิดเห็นต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในระดับความคิดเห็นน้อย โดยมีค่าความสัมพันธ์เป็นอันดับสุดท้าย ซึ่งมีค่า $Beta = 0.001$

สรุปผลได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าปัจจัยด้านความรู้ไม่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงานของธุรกิจ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล จึงทำให้มีการแสดงความคิดเห็นในระดับน้อย ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของสมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย (2560) ที่ได้นำเสนอว่าผลผลิตของผลิตภัณฑ์กุ้งมีอัตราที่ลดลงอย่าง

ต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2554 เป็นต้นมาซึ่งเป็นเพราะผู้ประกอบการไม่ให้ความสำคัญต่อบัณฑิตด้านความรู้ในการดำเนินธุรกิจนี้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี ถึงร้อยละ 94.60 และร้อยละ 41.50 มีอายุ 51 ปีขึ้นไป จึงให้ความสำคัญต่อบัณฑิตด้านความรู้ SMEs ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในระดับน้อย

ข้อเสนอแนะ

1. ด้านความรู้เทคโนโลยี ควรศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ หรือจากผู้ประกอบการที่ประสบความสำเร็จ แล้วนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ให้เหมาะกับธุรกิจของตนเอง เพื่อการผลิตที่สอดคล้องความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ
2. ด้านความสามารถทางอารมณ์ ควรส่งเสริมให้มีการจัดสัมมนา ศึกษาดูงานนอกสถานที่ มีการปฏิวัติธรรม และรวมถึงการจัดสถานที่ทำงานให้มีมุมผ่อนคลาย เพื่อจุดมุ่งหมายในการสร้างความรัก ความสามัคคี ภายในองค์กร สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีความสุข ปราศจากความขัดแย้ง
3. ด้านทักษะการติดต่อสื่อสาร เป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนางาน จึงควรสร้างความเข้าใจร่วมกันภายในองค์กร ได้แก่ สัญญลักษณ์ต่าง ๆ ศัพท์เทคนิคที่ใช้ในการปฏิบัติงาน และเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อความชัดเจน รวดเร็ว ลดข้อผิดพลาด และป้องกันการสูญเสีย
4. ด้านความรู้ห่วงโซ่อุปทาน ควรให้พนักงานมีความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกองค์กรที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบและการจัดเก็บของฟาร์มเลี้ยงกุ้ง การเลี้ยงกุ้งและการบริหารจัดการส่งผลิตภัณฑ์กุ้งที่ถูกวิธี เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ลดการสูญเสียและช่วยลดต้นทุน โดยต้องฝึกฝนพนักงานให้เกิดทักษะในการใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีต่าง ๆ และสามารถทำแทนกันได้
5. ด้านความรู้ SMEs ฟาร์มกุ้ง เป็นหัวใจสำคัญที่ไม่ควรละเลย โดยส่งเสริมให้พนักงานมีความรู้ ความเข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ ในการเลี้ยงและเพาะพันธุ์กุ้ง สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ และควรส่งเสริมให้มีการเพิ่มพูนความรู้ใหม่ ๆ จากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อนำมาพัฒนาการทำงานในธุรกิจ SMEs ฟาร์มกุ้ง
6. ในการวิจัยครั้งต่อไป สามารถศึกษาวิจัยจากเกษตรกรพื้นที่การเลี้ยงและเพาะพันธุ์กุ้งจากจังหวัดอื่น ๆ อาจมีการบริหารจัดการเลี้ยงที่แตกต่างกัน และอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์และปรับใช้ในการจัดการฟาร์มต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

- Beebe, S. A., Beebe, S. J. & Ivy, D. K. 2016. Communication. London: Pearson Education.
- Certo, S. C. 2000. Modern Management. New York: Prentice - Hall.
- Chachoengsao Agricultural Extension. 2558. Information for farmers in Chachoengsao province, 2015. [Online]Retrieved on January 30, 2016, Available from <http://www.chachoengsao.doae.go.th/home.html>

- DeCenzo, D. A., Robbins, S. P. & Verhulst, S. L. 2013. Human Resource Management. Singapore; John Wiley & Sons.
- Department of Business Development. 2560. World Economic Growth Forecast for 2020. [Online] Retrieved on January 30, 2017, Available from <http://www.dbd.go.th>.
- Dictionary of Thai Etymology. 2553 The Modern and Complete Thai Dictionary. (Print time 1) Bangkok: SE-EDUCATION. [in Thai]
- Greene, J. C. (2007). Mixed Methods in Social Inquiry. New York: John Wiley & Sons.
- Gulick, L. & Urwick, L. 1937. Paper on the Science of Administration. New York: Institute of Public Administration.
- Huczynski, A. A. & Buchanan, D. A. 2013. Organizational Behaviour, UK: Pearson Education.
- Institute for small and Medium Enterprises Development (ISMED) (2560). World Economic Growth Forecast for 2020. [Online] Retrieved on January 30, 2016, Available from <http://www.sme.go.th/en/> [in Thai]
- Kinicki, A. & Williams, B. K. 2018. Management. New York: McGraw-Hill Education.
- Lussier, R. N. 2017. Human Relations in Organizations. New York: McGraw-Hill Education.
- Ministry of Agriculture and Cooperatives (2559) Marine Shrimp Production Statistics, 2016, [Online] Retrieved on January 30, 2016, Available from <https://www.fisheries.go.th/strategy-stat/document-public>
- Noe, R. A., Hollenbeck, J. R., Gerhart, B., & Wright, P. M. (2006). Fundamentals of human resource management. Boston, USA: McGraw-Hill.
- Phoowitphan, A. (2548). Competency Dictionary. Bangkok: HR Center. [in Thai]
- Swink, M. 2018. Managing Operation across The Supply chain. New York: McGraw-Hill Education.
- Thai Frozen Foods Association: TFFA (2017). White shrimp production data report year 2011-2013, [Online] Retrieved on January 30, 2017, Available from <http://www.thai-frozen.or.th/>
- Yamane, T. 1967. Statistics: An Introductory Analysis, New York: Harper and Row.



ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ

อนุสนธิตามประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๔ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๘ ได้แต่งตั้ง
คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ไปแล้ว นั้น

เพื่อให้การตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการสำหรับตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงให้ยกเลิกประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๔ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๘
และแต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ดังต่อไปนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ
๒. ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต
๓. ศาสตราจารย์ ดร.สุทนต์วัฒน์ เบญจกุล
๔. ศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี จุลละคร
๕. ศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา อังสุภานิช
๖. ศาสตราจารย์ ดร.สายสมร ลำยอง
๗. ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร
๘. รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน
๙. รองศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร เฉลิมวัฒน์
๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร บุญมาก
๑๑. รองศาสตราจารย์ ดร.จารุมาศ เมฆสัมพันธ์
๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ชโลบล วงศ์สวัสดิ์
๑๓. รองศาสตราจารย์ ธิญฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์
๑๔. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ อมรสกุล
๑๕. รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิษฐา ทรรพนันท์ ใจดี
๑๖. รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลหาะวิสุทธิ
๑๗. รองศาสตราจารย์ ดร.นิรุฒิ หวังชัย
๑๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณีต งามเสน่ห์

๑๙. รองศาสตราจารย์ ดร.เผด็จศักดิ์ จารยะพันธุ์
๒๐. รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเดี่ยว
๒๑. รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิลป์ ผลพันธุ์หิน
๒๒. รองศาสตราจารย์ ดร.มารีสา จาตุพรพัฒน์
๒๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พิรพรพิศาล
๒๔. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มั่นทะจิตร
๒๕. รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิพร พรหมขุนทอง
๒๖. รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา แดงปรก
๒๗. รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ หวังเจริญ
๒๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ชูโชติ
๒๙. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภมิตร เมฆฉาย
๓๐. รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ดุลจินดาชบาพร
๓๑. รองศาสตราจารย์ ดร.อัษฎารัตน์ เปี่ยมสมบูรณ์
๓๒. รองศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์
๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ครศรี ศรีกุลนาถ
๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงกล พรหมยะ
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจน์ทินกร
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพงษ์ สุขเกื้อ
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตชล ผลารักษ์
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยง รุจจนเวท
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ช่อทิพา สกุลสิงหาโรจน์
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์
๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวุฒิ เลิศสุทธิขวาล
๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ช้วนผูก

๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญญัติ มนเทียรอาสน์
๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ
๕๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ
๕๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ทวีกิจการ
๕๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ เหล่าดี
๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี แก้วเนิน
๕๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.รัชต์ ชัดติยะ
๕๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรียา ภูริวิโรจน์กุล
๕๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วรวัฒนเมธีกุล
๕๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ เจ๊ะโละ
๕๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง พงษ์เจริญกิจ
๖๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันธิวัฒน์ พิทักษ์พล
๖๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ วุฒิสุทธิเมธาวี
๖๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา เดวิดสัน
๖๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถาพร ดิเรกบุษราคม
๖๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำเนา เสาวกุล
๖๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัมพันธ์ จันทรด
๖๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์
๖๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์
๖๘. ดร.พุทธ ส่องแสงจินดา
๖๙. ดร.ทัตพร คุณประดิษฐ์
๗๐. ดร.สุดาพร ตงศิริ
๗๑. ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์

ประกาศ ณ วันที่ ๗ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๐


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเียร ยศราช)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

(J. Fish. Tech. Res.)

ISSN 1905-7393

ISSN Online 2730-146X

Honorable Consultants:

Maejo University President

Maejo University Vice President for Research

Dean of the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources

Editor-in Chief: Asst. Prof. Dr. Prachuab Chaibu Maejo University

Editorial Board:

Prof. Dr. Piamsak Menasveta	Chulalongkorn University
Prof. Dr. Tuanthong Jutagate	Ubonratchatani university
Assoc. Prof. Dr. Vipoosit Manthachitra	Burapha University
Assoc. Prof. Dr. Kriangsak Meng-umphan	Maejo University
Assoc. Prof. Dr. Niwooti Wangchai	Maejo University
Asst. Prof. Dr. Samnao Saowakoon	Rajamangala University of Technology Isan
Asst.Prof.Dr. Pongsak Luadee	Prince of Songkla University
Asst. Prof. Dr. Chayakorn Pumas	Chiangmai University

Editorial Secretary: Asst. Prof. Dr. Chanagun Chitmanat Maejo University

Journal of Fisheries Technology Research is a publication of the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University and is intended to make available the results of technical work in the fisheries, aquaculture, aquatic resources and related biological sciences. It is published twice a year. Contact with the Journal should be addressed

TO.....The Editor,

Journal of Fisheries Technology Research, Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources,
Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290, Thailand

Tel: +66-53-87-5100 – 2 Fax: +66-53-87-5103 – 2

E-mail: jfishtech.mju@gmail.com

Web site: http://http://www.fishtech.mju.ac.th/WEB/Journal_FT/main/index.php



วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 15 เล่มที่ 1 (Volume 15 Number 1)
มกราคม - มิถุนายน 2564 (January - June 2021)

สารบัญวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2564

สารบัญ

บรรณาธิการ

บทความวิจัย

	หน้า
ผลการเสริมคอเลสเตอรอลร่วมกับ β -cyclodextrin จากเศษเหลือกระบวนการผลิตน้ำมันปลาในอาหารต่อการเจริญเติบโตของกึ่งตัวกรอง (Macrobrachium rosenbergii)	1
อิงอร เสงพัฒนาพงศ์ วันชัย วรวัฒน์เมธิกุล และอรพินท์ จินตสทพร	
การนำสารสีแอสตาแซนทินจากการเลี้ยงยีสต์ในน้ำทิ้งโรงงานขนมอบผสมในอาหารปลาสาวย	13
ชุตินุช สุจริต ไวกุลฐ์ ฤทธิธรรมา และดวงพร อมรเลิศพิศาล	
เปรียบเทียบระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (<i>Oreochromis niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>) แบบไบโอฟลอค	25
อลิสรา ชันโท จงกล พรหมะ ชนกันต์ จิตมนัส และอุดมลักษณ์ สมพงษ์	
แคโรทีนอยด์และอีทีโอแกรมของปลาเทโพ (<i>Channa gachua</i>) จากจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบธรรมดาและแถบสีแบบนอร์	37
สุมาลี พิมพ์พันธุ์ สุรเชษฐ เอี่ยมสำอาง และกาญจน์ คุ้มทรัพย์	
การประยุกต์ใช้แบบจำลองการวิเคราะห์เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตและความสามารถในการทำกำไร สำหรับการเลี้ยงปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>)	48
วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม วาสนา อารรัตน์ ปณิธาน แก้วจันทร์ และอนุรักษ์ สุขดารา	
ความหลากหลายของปลาในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขา: กรณีศึกษาลุ่มน้ำโขงตอนล่าง อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี และเมืองโพนทอง เมืองปากเซ แขวงจำปาสัก สปป.ลาว	60
เสรี จันทรโสภณ	
ผลกระทบของการประมงต่อประชาคมสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่บริเวณช่องเกาะช้าง จังหวัดตราด ประเทศไทย	70
วิชัย สืบปาละ ธรรมศักดิ์ ยี่มิน มาขมาส สุทธาชีพ ทัศนาวรา แสงมณี รัตนาวดี เนียมศิริ	
เจริญ นิตติธรรมยง และรัตนาศรี ชื่นภักดี	
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิภาพในการทำงาน: กรณีศึกษาธุรกิจ SMEs พาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา	89
เดชา ศิริเดชะวงศ์ และกัณยรัตน์ แสงเรืองรอบ	