ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 18 เล่มที่ 1 (Volume 18 Number 1)
มกราคม - มิถุนายน 2567 (January - June 2024)

วารสารวิชาการเผยแพร่ความรู้
เทคโนโลยีและส่งเสริมกิจกรรมทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
ทั้งเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

จัดทำโดย
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
Journal of Fisheries Technology Research
(J. Fish. Tech. Res.)
ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

ผู้จัดทำ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ที่ปรึกษา อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
คณบดีคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

หัวหน้ากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส มหาวิทยาลัยแม่โจ้

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์ เสาวกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ซ่วนยุก	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลขากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงจัดทำขึ้นโดยคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม - ธันวาคม) ของทุกปี โดยมีนโยบายเพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความทางวิชาการ ด้านเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำให้แก่องค์กรที่เกี่ยวข้องทั่วประเทศ

ติดต่อกองบรรณาธิการ
วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
โทร. 053 875 100 – 2 โทรสาร. 053 875 130
อีเมลล์: jfishtech.mju@gmail.com
เวปไซต์: http://www.fishtech.mju.ac.th/WEB/Journal_FT/main/index.php

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง

Journal of Fisheries Technology Research

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน) พ.ศ. 2567

ISSN 1905-7393

ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงเป็นวารสารวิชาการ
และเป็นลิขสิทธิ์ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.เผยแพร่ความรู้และผลงานทางวิชาการ โดยเน้นผลงานจากการวิจัยทางการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ทั้งเชิงเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการเชิงสร้างสรรค์

3.ส่งเสริมอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดเทคโนโลยี เผยแพร่และบริการด้านวิชาการแก่สังคม

ข้อคิดเห็นที่ปรากฏและแสดงในเนื้อหาบทความต่าง ๆ ในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ถือเป็นความเห็นและความรับผิดชอบโดยตรงของผู้เขียนโดยเฉพาะ ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทรรศนะของคณะผู้จัดทำ และมิใช่ความรับผิดชอบของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้ประสงค์จะนำข้อความใด ๆ ไปพิมพ์เผยแพร่ต่อต้องได้รับอนุญาตจากวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงและผู้เขียนตามกฎหมายว่าด้วยลิขสิทธิ์

บทบรรณาธิการ

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

วารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2567) เนื้อหาประกอบด้วยงานวิจัยด้านสารเสริมอาหารปลาและกุ้ง ทั้งในแง่การใช้ประโยชน์จากของที่เหลือใช้จากการเกษตรและการเสริมจุลินทรีย์ อันได้แก่ อาหารเสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดต่อการเจริญเติบโตของปลานิล ผลของการเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสท์ลาร์วา ส่วนเศษเหลือจากการเพาะเลี้ยงกุ้งมีสาระสำคัญที่มีประโยชน์ ในเล่มนี้มีการศึกษาผลของสภาวะการกักเก็บสารสกัดแอสตาแซนธินจากเศษเหลือของกุ้งโดยวิธีโคอะเซอเวชันต่อคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ ปิดเล่มด้วยการศึกษาผลกระทบของประมงผีต่อความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากลอบปูแบบพับได้บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

ในนามคณะกรรมการกองบรรณาธิการฯ ต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้เขียนผลงาน คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณาผลงาน คณะกรรมการวิชาการของคณะฯ และผู้ประสานงาน ในนามตัวแทนกองบรรณาธิการและกรรมการท่านอื่น ๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้หมด ตลอดจนผู้ให้การสนับสนุนจากหลายฝ่ายด้วยกัน ผู้สนใจสามารถสืบค้นบทความวิจัยได้จากหน้าเว็บไซต์วารสารที่ http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/Journal_FT หรือเว็บไซต์ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย ที่ http://tci/trf.or.th การส่งเสริมคุณภาพวารสารและเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารเป็นการเพิ่มคุณค่าต่อการนำประโยชน์ต่อการศึกษาด้านวิชาการและวงการวิชาชีพด้านการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

กองบรรณาธิการ

อาหารเสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

Pineapple waste extract supplement on growth performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

วันอาสาฬ์ นนกระโทก วรณัฏฐา จ๋ายเจริญ วราภรณ์ มอมขุนทด และสุดาพร ตงศิริ*

Wanarsa nonkrathok Varanutha Janaroen Waraphorn momkhunthod and Sudaporn Tongsiri*

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

*Corresponding author: sudap2515@gmail.com

Received: Aug 8, 2023

Revised: Mar 29, 2024

Accepted: Apr 24, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่ให้อาหารเสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด โดยใช้อาหารทดลองที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลอง 5 ชุดการทดลอง แต่ละชุดทดลองมี 3 ซ้ำ คือ อาหารที่มีปริมาณโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ (อาหารชุดควบคุม) อาหารที่มีปริมาณโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 1 เปอร์เซ็นต์ (BL1) 2 เปอร์เซ็นต์ (BL2) 4 เปอร์เซ็นต์ (BL4) และอาหารที่มีขายในท้องตลาด โปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ (F-Control) เลี้ยงปลานิล ขนาดเริ่มต้น 25 กรัม เป็นเวลา 60 วัน ให้อาหารปลาแบบปลากินจนอิ่ม ผลการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 4 เปอร์เซ็นต์ (BL4) ส่งผลให้ปลานิลมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดดีที่สุด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าต่ำที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การเสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดในอาหาร 4 เปอร์เซ็นต์ ช่วยทำให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเทียบกับอาหารเม็ดลอยที่มีขายในท้องตลาด

คำสำคัญ : ปลานิล สารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด การเจริญเติบโต

Abstract

The growth performances of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with pineapple waste extract supplementation diet were studied. All feeds were 25% protein. There were 5 treatments with 3 replicates. Five experimental feeds included a control (control), feed mixed with pineapple waste extract 1% (BL1), 2% (BL2), 4% (BL4) and commercial feed 25% protein (F-Control). The initial weight of tilapia was 25 g. The experiment was conducted for 60 days, and fish were fed until satiation. The results showed that growth performances of Tilapia fed with feed mixed with 4% pineapple waste

extract (BL4) showed the highest weight gain, average daily gain, feed conversion efficiency and survival rate while Feed Conversion Rate was lowest, and all parameters were significantly different ($p < 0.05$). In conclusion, 4% of pineapple waste extract supplementary feed provided the highest growth performances in tilapia compared with commercial feed.

Keywords: Tilapia, Pineapple waste extract, Growth performance

บทนำ

ปลานิลเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่นิยมเพาะเลี้ยง มีผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงในประเทศไทยเป็นอันดับหนึ่ง และมีการส่งเสริมให้เพาะเลี้ยงปลานิลเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงปลานิลเพื่อการส่งออกเพิ่มมากขึ้น เพื่อช่วยยกระดับราคาผลผลิตให้สูงขึ้น โดยมีมาตรการการจัดทำโครงการยกระดับมาตรฐานฟาร์มและจัดทำเป็นยุทธศาสตร์การพัฒนาปลานิล ปี พ.ศ. 2564 - 2570 แต่การเพาะเลี้ยงปลานิลยังพบปัญหาคือมีต้นทุนการเพาะเลี้ยงสูง ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากต้นทุนค่าอาหาร หากมีการเลี้ยงแบบพัฒนา ค่าอาหารจะคิดเป็นสัดส่วนที่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนรวม (Plaipet, 2016) จากปัญหาที่พบนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการอาหารไม่ดี การให้อาหารที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา คุณภาพของอาหารไม่ดีซึ่งอาจจะมีความเกี่ยวข้องกับคุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่มีขายในท้องตลาด ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนสูงขึ้นและได้รับผลตอบแทนน้อยลง อย่างไรก็ตาม พบว่าปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงส่วนใหญ่มีการปรับตัวโดยการลดต้นทุนค่าผลิตโดยเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร รวมทั้งมีการค้นหาสารเสริมที่ช่วยให้อาหารมีคุณภาพดี ย่อยง่าย ปลาสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้เต็มที่

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำผลไม้ แยม เยลลี่ เป็นต้น (Chu *et al*., 2021) และพบว่า มีส่วนของเปลือก จุกและแกนของสับปะรดหรือที่เรียกว่าเศษเหลือจากสับปะรด เป็นจำนวนมาก ซึ่งสัดส่วนของเศษเหลือมีประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ (Bio Innovation Linkage, 2021) ในส่วนของเศษเหลือนี้ พบว่ามีเอนไซม์โบรมีเลนที่ช่วยย่อยโปรตีน ซึ่งพบในเนื้อและส่วนต่าง ๆ ของสับปะรดที่เหลืออยู่ (Campos, *et al*., 2019) สามารถนำมาใช้ให้เกิดคุณค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากมีการนำส่วนเหลือของสับปะรด มาใช้เสริมลงในอาหารสัตว์น้ำจะช่วยทำให้การย่อยของสัตว์น้ำดีขึ้น จากงานวิจัยของ Tongsiri and Pimpimol (2019) ที่นำน้ำสับปะรดมาเสริมลงในอาหารเลี้ยงปลาหมอ พบว่า ทำให้ปลาหมอมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าชุดควบคุม และได้มีการศึกษาในลูกปลาดุกอุย โดยการใช้อาหารเสริมโบรมีเลน 0, 10 และ 20 กรัมในอาหาร 1 กิโลกรัม ทำการทดลอง 56 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า เอนไซม์โบรมีเลน 20 กรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ปลาดุกอุยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด และพบว่าตรวจวัดปริมาณของเอนไซม์ ไลเปสและเปปซินได้ปริมาณสูงด้วย (Wiszniewsli *et al.,* 2019) เช่นเดียวกับ Gopalraaj *et al.* (2022) ศึกษาในลูกปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดจากน้ำสับปะรดที่สัดส่วนแตกต่างกัน พบว่า สารสกัดจากน้ำสับปะรดทำให้ลูกปลามีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าชุดควบคุม จากงานวิจัยที่กล่าวมาจึงเป็นโจทย์วิจัยที่ท้าทาย ทำให้ทางผู้วิจัยสนใจที่จะเสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดลงไปในอาหารเพื่อเลี้ยงปลา โดยศึกษาปริมาณของเอนไซม์โบรมีเลนที่พบในสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดและนำมาเสริมในอาหาร ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต

ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด เปรียบเทียบกับอาหารควบคุมและอาหารเม็ดลอยน้ำที่มีขายในท้องตลาด

วิธีการดำเนินงาน/การวิจัย

วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ เสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 4 ระดับ (Bromelain : BL) ได้แก่ เสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 0 เปอร์เซ็นต์ (อาหารชุดควบคุม), เสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 1 เปอร์เซ็นต์ (BL1), เสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 2 เปอร์เซ็นต์ (BL2), เสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 4 เปอร์เซ็นต์ (BL4) และเปรียบเทียบกับอาหารที่ขายตามท้องตลาด (อาหารปลาดุกยี่ห้อเบทาโกร 833) โปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ (F-Control)

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นวัตถุดิบอาหาร ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด และปลายข้าว ที่ซื้อจากโรงงานอาหารสัตว์ แล้วนำมาคำนวณสูตรอาหารโดยใช้ตามระดับโปรตีนที่ปลานิลต้องการ หลังจากนั้นนำวัตถุดิบไปบดให้ละเอียดและผสมให้เข้ากัน นำอาหารไปอัดเม็ดโดยใช้เครื่องอัดอาหารเม็ดลอยของบริษัท สยามฟาร์ม เซอร์วิสเซส จำกัด รุ่น Model : EXT15HP3V03 จากนั้นนำไปอบแห้งและเก็บใส่ถุงเพื่อนำไปใช้ในการทดลองเลี้ยงปลาต่อไป (Table 1)

Table 1 Composition of the experimental diets (25 percent protein)

Ingredient	Weight (g)
Fish meal	15.00
Soybean meal	20.00
Rice bran	30.00
Broken rice	32.50
Soybean oil	1.50
Vitamin[a]	1.00
Diet Protein* (%) (Calculation)	25
Energy* (kcal/g)	405
Total	100.00

[a]Vitamin (IU or mg kg^{-1} of premix): retinol, 40,000 IU; cholecalciferol, 4000 IU; α-tocopherol acetate, 400 mg; menadione, 12 mg; thiamine, 30 mg; riboflavin, 40 mg; pyridoxine, 30 mg; cyanocobalamin, 80 μg; nicotinic acid, 300 mg; folic acid, 10 mg; biotin, 3 mg; pantothenic acid, 100 mg; inositol, 500 mg

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหารทดลอง

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง 5 สูตร โดยทำการวิเคราะห์ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต พบว่า ปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารแต่ละสูตร มีค่าอยู่ในช่วง 24.10 – 24.69 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดทดลอง ($p>0.05$) นอกจากนี้คุณค่าทางโภชนาการอื่นๆ เช่น ไฟเบอร์ และเถ้า มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติในทุกชุดทดลอง ($p>0.05$) ดังแสดงผลใน Table 2

Table 2 The proximate analysis of the experimental diets

Parameter (%)	Control	BL1	BL2	BL4	(F-Control)
Moisture	9.90±0.18[a]	14.90±0.18[b]	15.22±0.45[b]	14.66±0.05[b]	8.90±0.18[a]
Ash	5.52±1.14	5.60±1.41	6.67±0.74	6.86±1.44	7.52±1.14
Lipid	5.11±0.16[a]	3.63±0.03[c]	3.75±0.11[c]	4.40±0.18[b]	8.11±0.16[a]
Fiber	6.69±1.08	8.71±0.43	9.13±0.44	8.92±0.26	8.69±1.08
Protein	24.67±1.16	24.10±0.75	24.39±0.51	24.69±0.32	24.57±0.16
Nitrogen free extract (NFE)[a]	48.04±3.39	43.03±1.56	40.84±1.22	40.45±1.52	42.21±1.39

Values are Means±SE and values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$)

[a] NFE = 100 – (Moisture+ Ash + Lipid+ Fiber+ Protein)

การเตรียมสารสกัดโบรมีเลน

นำเศษเหลือทิ้งจากสับปะรดปัตตาเวีย ที่มีขายในท้องตลาด ซึ่งประกอบไปด้วย เปลือก แกน และจุก โดยนำสับปะรดไปบดแล้วแยกเอาเฉพาะน้ำมาศึกษาค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โบรมีเลน โดยวิเคราะห์ตามวิธีของ Hale (2005) ด้วยการเติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ พีเอช 7.0 เติม EDTA ความเข้มข้น 6 มิลลิโมลาร์ และซิสเตอีนความเข้มข้น 3 มิลลิโมลาร์ เพื่อเจือจางเอนไซม์และเร่งปฏิกิริยาผสมให้เข้ากัน เติมสารละลายเอมไซม์ที่เจือจาง 1.0 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับเคซีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นเติมสารละลายกรดไตรคลอโรแอซิติกความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แยกสารละลายส่วนที่ใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 275 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณกรดอะมิโนโดยเปรียบเทียบจากกราฟมาตราฐานของ L-Tyrosine

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

อาหารที่ผลิตได้ 4 สูตร และอาหารสำเร็จรูป 1 สูตร ที่มีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์น้ำ ประกอบไปด้วยการวิเคราะห์หาโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ความชื้น เยื่อใย และเถ้า ในอาหารทดลอง 5 สูตร ตามวิธีของ (AOAC, 2000)

การเตรียมชุดทดลอง

การเตรียมปลานิล ขนาด 25 กรัม ปล่อยในกระชังขนาด 1x1x1 เมตร ที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร โดยแบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 อาหารที่มีปริมาณโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ (อาหารชุดควบคุม)

ชุดทดลองที่ 2 อาหารที่ผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 1 เปอร์เซ็นต์ (BL1)

ชุดทดลองที่ 3 อาหาที่ผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 2 เปอร์เซ็นต์ (BL2)

ชุดทดลองที่ 4 อาหารที่ผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 4 เปอร์เซ็นต์ (BL4)

ชุดทดลองที่ 5 อาหารที่มีขายในท้องตลาด โปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ (F-Control)

ให้อาหารปลานิล วันละ 2 มื้อ เช้า-เย็น โดยให้ปลากินจนอิ่ม เลี้ยงเป็นเวลา 60 วัน ชั่งน้ำหนักปลา และวัดความยาว เพื่อเก็บข้อมูลความยาว และน้ำหนัก ทุก ๆ 15 วัน แล้วนำไปคำนวณหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอด ตามสูตรดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG, กรัมต่อตัว) = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง
2. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG, กรัมต่อตัวต่อวัน) = (น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย - น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น) / จำนวนวัน
3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) = น้ำหนักของอาหารที่กิน / น้ำหนักสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้น
4. อัตราการรอด (SR) (เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง X 100) / จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง
5. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCE)(เปอร์เซ็นต์)= (น้ำหนักสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้น / น้ำหนักของอาหารที่กิน) x 100

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 16.0 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ one-way analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการดำเนินงาน

กิจกรรมเอนไซม์ในน้ำสับปะรด

ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในน้ำสับปะรดที่ประกอบด้วยเปลือก แกน และจุกสับปะรดซึ่งเป็นส่วนของเอนไซม์โบรมีเลน ได้ทำการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการทำงานเทียบกับกราฟมาตรฐาน พบว่าในเปลือก แกน และจุกสับปะรดที่นำมาศึกษามีค่าเอนไซม์โบรมีเลน เท่ากับ 0.79±0.01, 0.75±0.02 และ 0.74±0.01 U/mg protein

ซึ่งผลที่ได้ พบว่าในเศษเหลือจากสับปะรดที่นำมาใช้ทดลอง มีปริมาณเอนไซม์โบรมีเลนอยู่และสามารถนำไปใช้เป็นสารเสริมในอาหารได้

การศึกษาการเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของปลานิลด้วยอาหารทั้ง 5 ชุดการทดลอง คือ (อาหารชุดควบคุม) อาหารผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดที่ระดับ 1 (BL1), 2 (BL2) และ 4 (BL4) เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารเม็ดลอยที่มีขายทั่วไป (F-control) พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหาร BL4 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 45.52±3.63 กรัมต่อตัว และการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 1.52±0.12 กรัมต่อตัวต่อวัน และอัตราการรอดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงที่สุด และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีค่าเท่ากับ 1.09±0.06 และมีค่าต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารชุดควบคุม($p<0.05$) ในขณะที่ ปลานิลที่ได้รับอาหาร BL2 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 42.66±3.63 กรัม และ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 1.42±0.12 กรัมต่อวัน และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลานิลที่ได้รับอาหารชุดควบคุมในส่วนของอัตรารอดในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดทดลอง ($p>0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCE) พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหาร BL2 มี ค่าสูงที่สุด เท่ากับ 91.45±3.84 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปลานิลที่ได้รับอาหารควบคุมและอาหาร BL1 ($p<0.05$) ดัง Table 3

Table 3 Growth performance of tilapia fed with the experimental diets.

Diets	WG	ADG	SR	FCR	FCE
control	27.17±3.63^{a}	0.91±0.12^{a}	98.89±3.23	1.48±0.06^{a}	67.60±0.75^{a}
BL1	32.96±3.63^{ab}	1.10±0.12^{ab}	100±3.23	1.32±0.06^{ab}	75.75±0.44^{ab}
BL2	42.66±3.63^{bc}	1.42±0.12^{bc}	95.55±3.23	1.19±0.06^{bc}	84.04±5.02^{bc}
BL4	45.52±3.63^{c}	1.52±0.12^{c}	100±3.23	1.09±0.06^{c}	91.45±3.84^{c}
F-control	30.36±3.63^{a}	1.01±0.12^{a}	100±3.23	1.26±0.06^{c}	79.07±1.78^{abc}

*Values are Means±SE and values in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$)

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดที่ระดับแตกต่างกัน คือ 1(BL1), 2(BL2) และ 4(BL4) เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุมและ อาหารที่ขายในท้องตลาด (F-control) พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหาร BL4 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีกว่าอาหารชุดควบคุมสอดคล้องกับการศึกษาของ Arunkamol *et al.,* (2018) ศึกษาผลของการใช้กากถั่วเหลืองที่ย่อยด้วยน้ำสับปะรดทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารปลานิลต่อการเจริญเติบโต โดยใช้กากถั่วเหลืองย่อยด้วยน้ำสับปะรดอัตราส่วน 1:2 เป็นเวลา 90 นาที และใช้ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารในอัตรา 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปลานิล 45 วัน ผลการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันในทางสถิติ สามารถใช้กากถั่วเหลืองย่อยด้วยน้ำสับปะรดทดแทนปลาป่นได้สูงสุดที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งกระทบต่อ

อัตราการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rostika *et al.,(*2018) ได้ศึกษาการเจริญในปลาสวาย โดยนำการเติมเอนไซม์ปาเปนและโบรมีเลนเพิ่มลงในอาหารเลี้ยงปลาสวายในสัดส่วนแตกต่างกัน ผลการศึกษา พบว่า การเติมเอนไซม์ปาเปน 1.25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ โบรมีเลน 3.75เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตของปลาดีที่สุด ส่วนการศึกษาของ Sukri *et al.,* (2022) ผลของการใช้กากสับปะรดในอาหารเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อและสีของเนื้อในปลานิล โดยใช้สับปะรดในสัดส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปลา 56 วัน พบว่า อาหารผสมกากสับปะรด 30 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้นสูงกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$) และกากสับปะรดที่เพิ่มมากขึ้นไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัส เช่นเดียวกับ Hien Van Dean (2021) ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมผงเปลือกสับปะรด (PAPP) ในระดับที่ต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, และ 40 กรัมต่อกิโลกรัม ใช้ระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า lysozyme, peroxidase, complement, phagocytosis, และ respiratory burst activities เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในปลานิลที่ได้รับอาหารผสมผงเปลือกสับปะรด 40 กรัมต่อกิโลกรัม ($P<0.05$) และค่าภูมิคุ้มกันดีที่สุดในชุดที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเปลือกสับปะรด 10 กรัมต่อกิโลกรัม และ พบการแสดงออกของยีนในปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเปลือกสับปะรด 10 กรัมต่อกิโลกรัมด้วยเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้ผงเปลือกสับปะรดเป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงปลานิลภายใต้ระบบไบโอฟลอคได้ จากงานวิจัยของ Hien Van Dean (2021) มีการเจริญเติบโตของปลานิลเหมือนกับการศึกษาในครั้งนี้ คือ อาหารที่ผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 4 เปอร์เซ็นต์ (BL4) ส่งผลทำให้ปลานิลมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอด ดีที่สุด อาจเนื่องจากการเพิ่มสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดในอาหารเลี้ยงปลานิล ช่วยทำให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตดีขึ้น เพราะสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด เป็นเอนไซม์ในกลุ่มที่ช่วยย่อยโปรตีน จึงช่วยย่อยวัตถุดิบอาหารให้มีโครงสร้างเล็กลง และเพิ่มประสิทธิภาพการกินอาหารทำให้ปลาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น (Wiszniewsli *et al.,* 2019; Chu *et al.,* 2021) และสอดคล้องกับประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก(FCE) พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 4 เปอร์เซ็นต์ (BL4) มี ค่าเท่ากับ 91.45±3.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่า อาหารที่มีการเสริมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 4 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักได้ดีกว่าสูตรอาหารอื่น ทำให้โครงสร้างของสารอาหารมีขนาดเล็กลง การนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกินอาหารทำให้ปลาโตดีกว่า (Chu *et al.,* 2021) คุณสมบัติของเอนไซม์โบรมีเลนที่พบในส่วนต่าง ๆ ของสับปะรด พบว่า ในส่วนของลำต้นสับปะรด และผลของสับปะรด มีลำดับของกรดอะมิโนในเอนไซม์โบรมีเลนที่แตกต่างกัน แต่แสดงความเป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้เหมือนกัน (Ramli *et al.,* 2017) ดังนั้น เอนไซม์โบรมิเลนที่มาจากส่วนที่แตกต่างกันของสับปะรดมีคุณสมบัติที่เป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้เหมือนกัน

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 5 ชุดการทดลอง คือ อาหารชุดควบคุม อาหารผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 1 เปอร์เซ็นต์ (BL1), 2 เปอร์เซ็นต์ (BL2), 4 เปอร์เซ็นต์ (BL4) และอาหารที่มีขายในท้องตลาด (F-Control) พบว่า อาหารที่ผสมสารสกัดจากเศษเหลือสับปะรด 4 เปอร์เซ็นต์ (BL4) ส่งผลทำให้ปลานิลมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดดีที่สุด ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าต่ำที่สุด การทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า สารสกัดจากเศษเหลือสับปะรดสามารถนำมาเสริมได้สูงสุด 4 เปอร์เซ็นต์ และช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของปลานิลได้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International.17th ed. Maryland: AOAC International. 2200 p.

Arunkamol, S., Raphankham, N. and Patchanee, N. 2018. Effects of using hydrolysed soybean meal from pineapple juice in tilapia diet on growth stress tolerance and pathogens. Agricultural core. 46(1): 1011-1018. [in Thai]

Bio Innovation Linkage, 2021. Pineapple Value Chain. The Office of Industrial Economic. 14 p. [in Thai]

Camposa, D.A., Coscuetaa, E.R., Valettib, N.W., Pastrana-Castroc, L.M., Teixeirad, J.A., Picób, G.A. and Pintadoa, M.M. 2019. Optimization of bromelain isolation from pineapple byproducts by polysaccharide complex formation. Food Hydrocolloids. 89:792-804.

Chu, P. H., Jenol, M. A., Phang, L. Y., Ibrahim, M. F., Prasongsuk, S., Bankeeree, W. Bankeeree, Punnapayak, H., Lotrakul P. and Abd-Aziz, S. 2021. Starch extracted from pineapple (*Ananas comosus*) plant stem as a source for amino acids production. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 8(1): 1-15.

Gopalraaj, J., Raj, J. B. S., Velayudhannair, K., and Chandrakas, L. 2022. Bromelain improves the growth, biochemical, and hematological profiles of the fingerlings of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of Applied Biology and Biotechnology. 10(2): 73-77.

Hale, L. P., Greer, P. K., Trinh C. T. and James, C. L. 2005. Proteinase activity and stability of natural bromelain preparations. International Immunopharmacology. 5(4): 783–793.

Van Doan, H., Hoseinifar, S. H., Harikrishnan, R., Khamlor, T., Punyatong, M., Tapingkae, W, Yousefi, M, Palma, J, and El-Haroun, E. 2021. Impacts of pineapple peel powder on growth performance, innate immunity, disease resistance, and relative immune gene expression of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Fish & Shellfish Immunology. 114:311-319.

Plaipet, P. 2016. Nutritional Management for Culturing Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Thai Journal Science and Technology. 24(1): 12-39. [in Thai]

Ramli, A.N., Aznan, T.N. and Illias, R.M. 2017. Bromelain: from production to commercialization. The Journal of the Science of Food and Agriculture. 97(5): 1386-1395.

Rostika, R., Nurhayati, A., Buwono, I. D., Rizal, A., Dewanti, L.P. and Maulana, T. 2018. Papain and bromelain crude enzyme extract in commercial feed, effectiveness toward pisciculture production of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in aquaculture facility. AACL Bioflux. 11(5): 1598-1604.

Tongsiri, S. and Pimpimol, T. 2019. Use of Enzyme Extracts from Pineapple Peel in Thai Cichlid Fish Farming to Increase Production Potential. and food safety. Final report. Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources Mae Jo University. [in Thai]

Sukri, S. A. M., Andu, Y., Harith, Z. T., Sarijan, S., Pauzi, M. N. F., Wei, L. S., Dawood, M. A.O. and Kari, Z. A. 2022. Effect of feeding pineapple waste on growth performance, texture quality and flesh color of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. Saudi Journal of Biological Sciences. 29(4): 2514-2519.

Wiszniewski, G., Jarmołowicz, S., Hassaan, M.S., Mohammady, E.Y., Soaudy, M.R., Łuczyńska, J., Tońska, E., Terech-Majewska, E., Ostaszewska, T., Kamaszewski, M.,Skrobisz, M., Adamski, A., Schulz, P., Kaczorek, E. and Siwicki, A., 2019. The use of bromelain as a feed additive in fish diets: Growth performance, intestinal morphology, digestive enzyme and immune response of juvenile Sterlet (*Acipenser ruthenus*). Aquaculture Nutrition. 25(6): 1289-1299.

MAEJO UNIVERSITY
FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

ผลของการเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสท์ลาร์วา

Effects of dietary supplementation with *Rossellomorea* sp. on growth performance and disease resistance in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae

รัชกฤศ คนเรียน, สุชานันท์ เอี่ยมสกุล, นัทท์ นันทพงศ์, พรพิมล เชื้อดวงผุย และนเรศ ซ่วนยุก*

Ratchakrit Konrian, Suchanun Eamsakul, Nutt Nuntapong, Pornpimon Chuaduangpui and Naraid Suanyuk*

ศูนย์วิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ กิจการ ศุภมาตย์ สาขาวิชาวาริชศาสตร์และนวัตกรรมการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

Kidchakan Supamattaya Aquatic Animal Health Research Center, Aquatic Science and Innovative Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90110, Thailand

*Corresponding author: email; naraid.s@psu.ac.th

Received: Apr 22, 2024

Revised: May 27, 2024

Accepted: Jun 10, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของ *Rossellomorea* sp. และผลของการเสริม *Rossellomorea* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสท์ลาร์วา แบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ถูกจำแนกเป็น *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาและชีวโมเลกุล การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* (VP_{AHPND}), *V. harveyi* และ *V. vulnificus* ของสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. โดยเทคนิค agar well diffusion พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อใช้สารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรียที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ปริมาตร 75-100 ไมโครลิตร) โดยสารสกัดมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อและความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งสามชนิดเท่ากันเท่ากับ 512 และ >1,024 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การศึกษาผลของการเสริม *Rossellomorea* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรค พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^9 CFU/g มีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ทั้งหมดในกุ้งให้ผลไปในทางที่ดีกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อทดสอบการติดเชื้อ *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) ด้วยวิธีการแช่ พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม *Rossellomorea* sp. ในอาหารที่ระดับความเข้มข้น 10^8 และ 10^9 CFU/g มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า *Rossellomorea* sp. มีคุณสมบัติยับยั้ง *Vibrio* spp. นอกจากนี้การเสริม

Rossellomorea sp. ในอาหารกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วาช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคที่ดี

คำสำคัญ: กุ้งขาวแวนนาไม, *Rossellomorea* sp., การเจริญเติบโต, ความต้านทานโรค

Abstract

The present study evaluated the antibacterial activity of *Rossellomorea* sp. and effect of dietary supplementation with *Rossellomorea* sp. on growth performance and disease resistance in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae. The bacterium used in this study was identified as *Rossellomorea* sp. by morphological and molecular analyses. Study on antimicrobial activities of *Rossellomorea* sp. broth extract by agar well diffusion technique revealed significantly higher zone of inhibition ($p<0.05$) against *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}), *V. harveyi* and *V. vulnificus* at concentrations of 50 mg/ml (75-100 µl). The minimum inhibitory concentration and the minimum bactericidal concentration of *Rossellomorea* sp. extracts to the three bacteria were the same values of 512 and >1,024 mg/ml, respectively. *In vivo* study on the effect of dietary supplementation with *Rossellomorea* sp. on growth performance and disease resistance indicated that Pacific white shrimp received dietary supplementation with *Rossellomorea* sp. 10^9 CFU/g feed had significantly better final weight, weight gain, average daily gain, specific growth rate and total *Vibrio* spp. in shrimp than those other treatments ($p<0.05$). Furthermore, Pacific white shrimp fed dietary supplementation with *Rossellomorea* sp. at concentrations of 10^8 and 10^9 CFU/g showed significantly higher survival rate than those other treatments after challenged with *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) by immersion method ($p<0.05$). The present study indicated that *Rossellomorea* sp. had inhibitory effects against pathogenic *Vibrio* spp. Additionally, dietary supplementation with *Rossellomorea* sp. enhanced growth performance and disease resistance in Pacific white shrimp postlarvae.

Keywords: Pacific white shrimp, *Rossellomorea* sp., growth, disease resistance

บทนำ

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สร้างรายได้แก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้ตรงตามความต้องการของตลาด เกษตรกรจึงเลี้ยงกุ้งชนิดนี้แบบหนาแน่น ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาหลายด้าน เช่น คุณภาพน้ำ อาหารและโรคติดเชื้อ โรควิบริโอซิสที่มีสาเหตุจากแบคทีเรียกลุ่มวิบริโอ (*Vibrio* spp.) เช่น *Vibrio harveyi, V. vulnificus* และ *V. parahaemolyticus* สร้างความเสียหายอย่างมากต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล (Mastan and Begum, 2016) ตัวอย่างเช่น กุ้งที่ป่วยด้วยโรคตับและตับอ่อนตายเฉียบพลันที่มีสาเหตุจากการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) มีอัตรา

การตายร้อยละ 40-100 ภายในระยะเวลา 35 วัน กุ้งที่ติดเชื้อแสดงอาการเซื่องซึม โตช้า ไม่มีอาหารในกระเพาะอาหารและลำไส้ ตับและตับอ่อนลีบและมีสีซีด (Hong *et al*., 2016)

การใช้จุลินทรีย์ควบคุมโรคติดเชื้อในกุ้งทะเลเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้สัตว์น้ำมีสุขภาพดี มีภูมิคุ้มกันและความต้านทานโรคเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดการใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะ ทำให้ผลผลิตสัตว์น้ำมีคุณภาพดี มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ปัจจุบันจุลินทรีย์จากทะเลโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญสามารถประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีคุณค่า เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติหลากหลาย เช่น ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านรา และต้านมะเร็ง เป็นต้น (Srinivasan *et al*., 2021) เชื้อ *Rossellomorea* spp. เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปแท่ง จัดอยู่ในอันดับ Bacillales วงศ์ Bacillaceae โดยก่อนหน้านี้จัดอยู่ในจีนัส *Bacillus* ต่อมาถูกจำแนกเป็น *Rossellomorea* เนื่องจากความแตกต่างของสายวิวัฒนาการ (Gupta *et al*., 2020) มีรายงานหลายฉบับทำการทดลองใช้แบคทีเรีย *Bacillus* (*Rossellomorea*) *aquimaris* ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในหลอดทดลอง รวมทั้งการเจริญเติบโต และกระตุ้นภูมิคุ้มกันในกุ้งทะเล (Ngo *et al*., 2016; Nguyen *et al*., 2018; Cherian *et al*., 2019)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ต่อการยับยั้งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรควิบริโอซิสในหลอดทดลอง รวมทั้งผลของการเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรควิบริโอซิสในกุ้งขาวแวนนาไม ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการป้องกันโรควิบริโอซิสเพื่อลดความเสียหายในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย

วิธีการวิจัย

1. การแยกแบคทีเรียจากทะเล

แยกแบคทีเรียตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Cherian *et al*. (2019) โดยนำตัวอย่างดิน ทราย และน้ำทะเลมาเจือจางด้วยสารละลายเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 2 จนได้ความเจือจางสุดท้าย 10,000 เท่า ก่อนนำไปเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ marine agar (MA) และบ่มที่อุณหภูมิห้องภายใต้แสงเป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง จากนั้นคัดเลือกแบคทีเรียที่มีสีชมพู ส้ม และส้มอมเหลืองไปทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ นำไปย้อมแกรมและเก็บที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส

2. การจำแนกแบคทีเรีย

นำแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MA เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง มาสกัดสารพันธุกรรมโดยใช้ชุดสกัดสารพันธุกรรม (QIAamp DNA Mini Kit, Qiagen) ก่อนนำสารพันธุกรรมที่ได้มาเพิ่มจำนวนโดยวิธี polymerase chain reaction ตามวิธีการของ Suanyuk *et al*. (2014) โดยใช้ไพรเมอร์ 20F (5'-AGAGTTTGATCATGGCTCAG-3') และ 1500R (5'-GGTTACCTTGTTACGACTT-3') (Weisburg *et al*., 1991) จากนั้นนำสารพันธุกรรมที่ได้ไปทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ Gel extraction kit (Qiagen) เพื่อนำไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ และเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของแบคทีเรียในฐานข้อมูล GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov) โดยวิธี Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) และสร้างแผนภูมิวิวัฒนาการ (Phylogenetic analysis) ด้วยโปรแกรม Molecular Evolutionary Genetics Analysis

3. การศึกษากิจกรรมการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยวิธี cross streak assay

นำแบคทีเรียบริสุทธิ์มาทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในกุ้งทะเล ได้แก่ *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}), *V. harveyi* และ *V. vulnificus* โดยเขี่ยแบคทีเรียบริสุทธิ์เป็นเส้นตรงลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเขี่ยแบคทีเรียก่อโรคให้เป็นเส้นตั้งฉากทำเช่นเดียวกันจำนวน 3 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตและตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยการวัดโซนการยับยั้ง (inhibition zone) และรายงานผลในหน่วยมิลลิเมตร

4. การเตรียมสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp.

เลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Cherian *et al*. (2019) โดยนำแบคทีเรียบริสุทธิ์มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ marine broth (MB) บนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความเร็ว 160 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำเลี้ยงเชื้อ (cell free supernatant) โดยการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 11,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำส่วนใสที่ได้ผสมกับเมทานอล (methanol) อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง คนให้เข้ากันด้วยเครื่องคนเป็นระยะเวลานานข้ามคืน (Matloub *et al*., 2020) จากนั้นแยกส่วนสารละลายที่ได้ไประเหยด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เก็บสารสกัดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้งาน

5. การศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยวิธี agar well diffusion assay

ศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยวิธี agar well diffusion assay ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Athipornchai *et al*. (2024) โดยนำแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}), *V. harveyi* และ *V. vulnificus* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ tryptic soy broth (TSB) ที่ผสมเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มาปรับให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 10^8 CFU/ml ก่อนนำไปเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller's Hinton agar ที่ผสมเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นหยดสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ลงในหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร หลุมละ 25, 50, 75 และ 100 ไมโครลิตร ตามลำดับ ทำเช่นเดียวกันจำนวน 3 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส และรายงานผลในหน่วยมิลลิเมตร

6. การศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งแบคทีเรีย (minimum inhibitory concentration; MIC) **และความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าแบคทีเรีย** (minimum bactericidal concentration; MBC) **ของสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย** *Rossellomorea* sp.

ทดสอบ MIC และ MBC ของสารสกัดโดยวิธี broth microdilution assay ตามวิธีการมาตรฐานของ CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012) และ Puangpee and Suanyuk (2021) โดยเติมสารละลายแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}), *V. harveyi* และ *V. vulnificus* ผสมกับสารสกัดให้ได้ความเข้มข้นสุดท้าย 0.125, 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 และ 1,024 ส่วนในล้าน ทดสอบ 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อและ DMSO ที่ไม่มีสารสกัดเป็นกลุ่มควบคุมลบ (negative control) และใช้ยาปฏิชีวนะออกซี่เตตร้าไซคลินเป็นกลุ่มควบคุมบวก (positive control) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารเรซาซูรินความเข้มข้นร้อยละ 0.01 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสี โดยค่า MIC คือความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่ไม่มีการเปลี่ยนสี จากนั้นนำแบคทีเรียที่ผสมสารสกัดแต่ละ

ตัวอย่างไปเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ tryptic soy agar ที่ผสมเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 1.5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อรายงานเป็นค่า MBC ของสารสกัด

7. การศึกษาผลของการเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วา

7.1 สัตว์ทดลอง

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วา 15 จากโรงเพาะฟักของเกษตรกรในจังหวัดสงขลา จำนวน 1,050 ตัว มาเลี้ยงในโหลทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร สูง 35 เซนติเมตร ที่บรรจุน้ำทะเลปริมาตร 10 ลิตร จำนวน 21 โหล ๆ ละ 50 ตัว ระหว่างการเลี้ยงปรับคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเลี้ยง โดยให้มีความเค็ม 25 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างที่ 7-8 และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

7.2 การเตรียมอาหารทดลอง

เลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MB บนเครื่องเขย่า ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความเร็ว 160 รอบต่อนาที นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นแยกเซลล์โดยการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 11,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ผสมเซลล์แบคทีเรียที่ได้กับอาหารกุ้งสำเร็จรูปตามความเข้มข้นที่กำหนดด้วยวิธีการสเปรย์ และเคลือบเม็ดอาหารที่ได้รวมทั้งอาหารชุดควบคุมด้วยน้ำมันปลา ก่อนตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้งาน

7.3 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยแบ่งการทดลองเป็น 7 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replication) ซ้ำละ 50 ตัว ให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้อาหารเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 0 (T1: Negative control), 0 (T2: Positive control), 10^5 (T3), 10^6 (T4), 10^7 (T5), 10^8 (T6) และ 10^9 (T7) CFU/g ตามลำดับ เลี้ยงกุ้งด้วยอาหารทดลองเป็นเวลานาน 14 วัน โดยให้กุ้งกินอาหารจนอิ่ม วันละ 6 มื้อ ได้แก่ เวลา 08:00 น., 11:00 น., 14:00 น., 17:00 น., 20:00 น. และ 23:00 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง

7.4 การเก็บข้อมูล

7.4.1 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

ชั่งน้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมก่อนการทดลอง (initial body weight) และสิ้นสุดการทดลอง (final body weight) พร้อมนับจำนวน นำมาคำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio) และอัตราการรอดตาย (survival rate) ตามวิธีการของ Fourooghifard *et al*. (2017)

7.4.2 การศึกษาปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ทั้งหมดในกุ้ง

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไมน้ำหนัก 1 กรัม นำมาบดรวมกันให้ละเอียด นำไปเจือจางครั้งละ 10 เท่า ด้วยน้ำเกลือปลอดเชื้อความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ผสมให้เข้ากัน ก่อนนำไปเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ thiosulfate citrate bile sucrose agar แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อและคำนวณปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในกุ้งในหน่วย log CFU/g

7.4.3 การทดสอบความต้านทานแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus*

สุ่มกุ้งขาวแวนนาไมจำนวนซ้ำละ 10 ตัว นำมาติดเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) โดยวิธีการแช่ ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Thammatinna *et al.* (2023) โดยเติมแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) ลงในน้ำทะเลที่มีกุ้งขาวแวนนาไมชุดการทดลองที่ 2-7 ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 10^5 CFU/ml ส่วนชุดการทดลองที่ 1 เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ผสมเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (negative control) ลงในน้ำทะเลในสัดส่วนเท่ากับชุดการทดลองอื่น ๆ โดยแช่กุ้งทดลองนาน 6 ชั่วโมง ก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จากนั้นบันทึกการตายของกุ้งทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน นำมาคำนวณอัตราการรอดตายและรายงานผลในหน่วยร้อยละ

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การแยกแบคทีเรียจากทะเลและการจำแนกแบคทีเรีย

การศึกษาครั้งนี้สามารถแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างดินในจังหวัดสงขลา โดยแบคทีเรียที่แยกได้มีโคโลนีสีส้มอมเหลือง ลักษณะกลม นูน ขาว ขอบเรียบ แกรมบวก รูปแท่ง สร้างเอนโดสปอร์ การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูล GenBank พบว่าแบคทีเรียที่แยกได้มีลำดับนิวคลีโอไทด์เหมือนกับแบคทีเรีย *R. aquimaris* MH129526, MG980053, KJ575054 และ KF769538, *Bacillus haikouensis* MF470197 และ *Rossellomorea vietnamensis* KU661974 คิดเป็นร้อยละ 100 การศึกษาลำดับวิวัฒนาการจากแผนภูมิที่สร้างโดยวิธี neighbor-joining จำแนกแบคทีเรียที่แยกได้เป็น *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 (Figure 1)

Figure 1 Neighbor-joining tree based on *16s rDNA* sequence of *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 from this study and homologous sequences in the GenBank database.

2. การศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยวิธี cross streak assay และ agar well diffusion assay

การศึกษากิจกรรมการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยวิธี cross streak assay พบว่าแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}), *V. harveyi* และ *V. vulnificus* ได้ การศึกษากิจกรรมการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยวิธี agar well diffusion assay พบว่าสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 75-100 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้งสามชนิดได้ มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสอยู่ในช่วง 12.00±2.65 - 18.00±1.00 มิลลิเมตร โดยสารสกัดปริมาตร 100 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) และ *V. harveyi* ได้ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรีย *V. vulnificus* (Figure 2)

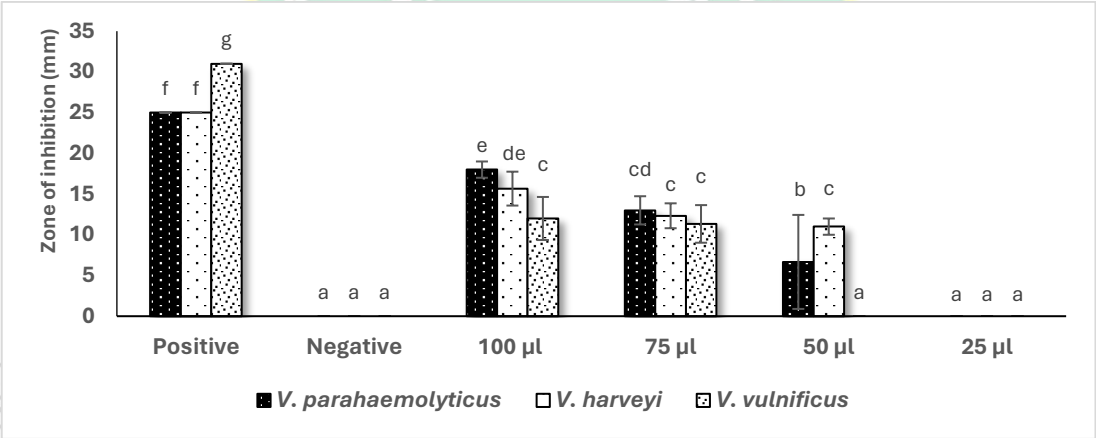


Figure 2 Antagonistic effect of *Rossellomorea* sp. broth extract against *Vibrio* spp. by agar well diffusion assay

3. การศึกษา MIC และ MBC ของสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp.

การศึกษาครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่ยับยั้งแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}), *V. harveyi* และ *V. vulnificus* มีค่าเท่ากับ 512 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่ฆ่าแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}), *V. harveyi* และ *V. vulnificus* มีค่า >1,024 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Table 1)

Table 1 MIC and MBC values of *Rossellomorea* sp. broth extract against *Vibrio* spp.

Pathogen	*Rossellomorea* sp. broth extract	
	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
V. parahaemolyticus (VP_{AHPND})	512	> 1,024
V. harveyi	512	> 1,024
V. vulnificus	512	> 1,024

4. การศึกษาผลของการเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วา

4.1 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

กุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^9 CFU/g เป็นระยะเวลา 14 วัน มีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งขาวแวนนาไมชุดควบคุมและกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^5-10^8 CFU/g การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งขาวแวนนาไมชุดควบคุม (Table 2)

4.2 การศึกษาปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ทั้งหมดในกุ้ง

กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^9 CFU/g มีปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ทั้งหมดต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.30±0.33 log CFU/g แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งขาวแวนนาไมชุดควบคุม และกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^5-10^8 CFU/g พบว่ามีปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ทั้งหมดอยู่ในช่วง 5.81±0.59 – 6.25±0.06 log CFU/g (Figure 3)

Table 2 Growth performance of Pacific white shrimp postlarvae fed with commercial diet supplemented with *Rossellomorea* sp. at various concentrations for 14 days.

Treatment	IBW (g/shrimp)	FBW (g/shrimp)	WG (%)	ADG (g/shrimp/day)	SGR (%/day)	FCR	SR (%)
T1: negative	0.0318±0.0021	0.2037±0.0226^a	540.98±52.50^a	0.0123±0.0015^a	13.25±0.58^a	2.10±0.41	84.00±3.46
T2: positive	0.0318±0.0023	0.2077±0.0123^a	555.39±42.56^a	0.0126±0.0008^a	13.42±0.47^a	2.24±0.40	83.33±3.06
T3: 10^5 CFU/g	0.0315±0.0016	0.2197±0.0058^a	598.52±41.03^a	0.0134±0.0004^a	13.88±0.42^a	2.11±0.14	82.67±4.16
T4: 10^6 CFU/g	0.0316±0.0018	0.2155±0.0168^a	581.39±45.04^a	0.0131±0.0011^a	13.70±0.46^a	2.22±0.21	76.00±3.46
T5: 10^7 CFU/g	0.0315±0.0027	0.2128±0.0074^a	579.34±67.53^a	0.0129±0.0006^a	13.66±0.70^a	2.11±0.24	80.00±4.00
T6: 10^8 CFU/g	0.0316±0.0020	0.2153±0.0183^a	580.14±25.97^a	0.0131±0.0012^a	13.69±0.27^a	2.08±0.07	81.33±5.77
T7: 10^9 CFU/g	0.0315±0.0020	0.2635±0.0053^b	738.06±53.39^b	0.0166±0.0004^b	15.18±0.45^b	1.65±0.29	83.33±11.55

Remark: Values within the same column with different superscripts are significantly different ($p<0.05$). IBW; initial body weight, FBW; final body weight, WG; weight gain, ADG; average daily gain, SGR; specific growth rate, FCR; feed conversion ratio, SR; survival rate.

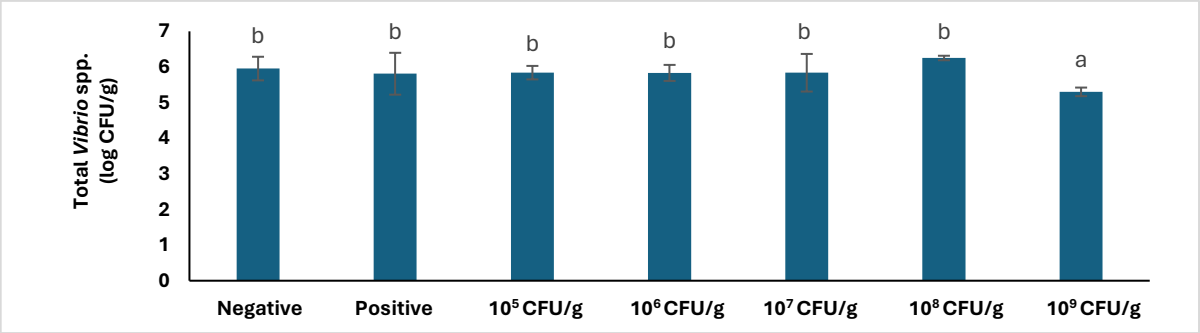


Figure 3 Total *Vibrio* spp. in Pacific white shrimp postlarvae fed with commercial diet supplemented with *Rossellomorea* sp. at various concentrations for 14 days.

4.3 การทดสอบความต้านทานแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus*

การทดสอบความต้านทานแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) โดยวิธีการแช่ พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^9 CFU/g และกุ้งขาวแวนนาไมชุดควบคุมลบมีอัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับร้อยละ 100 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^8 CFU/g ที่มีอัตราการรอดตายเท่ากับร้อยละ 76.67±11.55 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งขาวแวนนาไมชุดควบคุมบวกและกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. ที่ระดับความเข้มข้น 10^5–10^7 CFU/g ที่มีอัตราการรอดตายอยู่ในช่วงร้อยละ 30.00±10.00 – 76.67±11.55 (Figure 4)

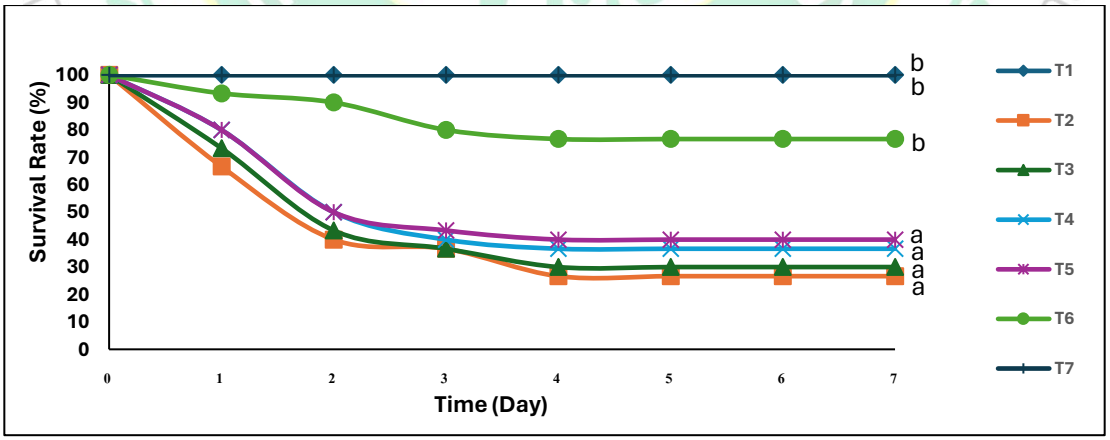


Figure 4 Survival rate of Pacific white shrimp postlarvae fed with commercial diet supplemented with *Rossellomorea* sp. at various concentrations after challenged with *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) by immersion method. T1; negative control, T2; positive control, T3; 10^5 CFU/g, T4; 10^6 CFU/g, T5; 10^7 CFU/g, T6; 10^8 CFU/g and T7; 10^9 CFU/g.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การใช้จุลินทรีย์และสารสกัดจากจุลินทรีย์เป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการเพิ่มภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำเพื่อลดการใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะ การศึกษาครั้งนี้จำแนกแบคทีเรียที่แยกได้เป็น *Rossellomorea* sp. โดยไม่สามารถระบุชนิดของแบคทีเรียได้ เนื่องจากพบว่าแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 มีลำดับนิวคลีโอไทด์ตรงกับแบคทีเรีย *R. aquimaris* และ *R. vietnamensis* รวมทั้ง *B. haikouensis* ซึ่งควรจัดอยู่ในจีนัส *Rossellomorea* (Gupta *et al*., 2020) อย่างไรก็ตามเนื่องจากลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงบางส่วนของยีน *16s rDNA* ซึ่งจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจำแนกชนิดของแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 โดยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่สมบูรณ์ เพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาและพัฒนาแนวทางการใช้จุลินทรีย์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย

การศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยวิธี cross streak พบว่าแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรควิบริโอซิสได้ แต่สารสกัดจากน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 ที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 75-100 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในกุ้งขาวแวนนาไมได้ ชี้ให้เห็นว่าแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 ผลิตสารสารเมแทบอไลท์ที่ถูกขับออกนอกเซลล์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค ทั้งนี้คาดว่าสารสกัดจากแบคทีเรียประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* spp. โดย Cherian *et al*. (2019) รายงานว่าสารสกัดจากแบคทีเรีย *B. aquimaris* ประกอบด้วยสารอินทรีย์ (organic compounds) หลายชนิดที่มีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย *Escherichia coli*, *Aeromonas hydrophila*, *Shigella dysenteriae* และ *Vibrio cholerae* ได้ การศึกษาครั้งนี้พบว่าค่า MIC และ MBC ของสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 มีค่าสูงกว่าการทดลองของ Taghavi *et al*. (2023) ที่พบว่าค่า MIC และ MBC ของสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *B. aquimaris* ต่อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบหลายชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 5-40 และ 20-80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้ชนิดของตัวทำละลายและระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงแบคทีเรียที่แตกต่างกันอาจทำให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกัน

ปัจจุบันมีการศึกษาผลของการใช้โปรไบโอติกหลายชนิดในสัตว์น้ำ การศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วาที่ได้รับอาหารผสมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 ที่ระดับความเข้มข้น 10^9 CFU/g มีน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ ชี้ให้เห็นว่าแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีส่วนช่วยให้ลูกกุ้งขาวมีการเจริญเติบโตที่ดี สอดคล้องกับ Ngo *et al*. (2016) และ Nguyen *et al*. (2018) ที่รายงานว่าการเสริมสปอร์ของแบคทีเรีย *B. aquimaris* ในอาหารที่ระดับความเข้มข้น 10^6 CFU/g นาน 28 วัน ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมมีการเจริญเติบโต สีสัน และระบบภูมิคุ้มกันสูงกว่ากุ้งขาวแวนนาไมชุดควบคุม

โรคตับและตับอ่อนตายเฉียบพลันที่มีสาเหตุจากแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) สร้างความเสียหายอย่างมากต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Hong *et al*., 2016) การศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วาที่ได้รับอาหารผสมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 ที่ระดับความเข้มข้น 10^8

และ 10^9 CFU/g มีอัตราการรอดตายจากการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) สูงกว่ากลุ่มควบคุมบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคโดยสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) ได้ในหลอดทดลอง ดังนั้นกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 จึงมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ Cherian *et al*. (2019) ที่พบว่าสารสกัดจากน้ำเลี้ยงแบคทีเรีย *B. aquimaris* สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ส่วน Ngo *et al*. (2016) รายงานว่าการเสริมอาหารด้วยเซลล์แบคทีเรีย *B. aquimaris* ที่ระดับความเข้มข้น 10^6 CFU/g นาน 28 วัน ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของกุ้งขาวแวนนาไม

การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 มีศักยภาพในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคกลุ่มวิบริโอในหลอดทดลอง นอกจากนี้การเสริมแบคทีเรียนี้ที่ระดับความเข้มข้น 10^9 CFU/g ในอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วา ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมขยายผลการเสริมแบคทีเรีย *Rossellomorea* sp. KSAAHRC-RA01 ในอาหารต่อการเจริญเติบโต การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันและการต้านทานโรควิบริโอซิสในกุ้งขาวแวนนาไมระยะวัยรุ่น รวมทั้งการศึกษาผลในภาคสนาม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้การวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

Athipornchai, A., Pabunrueang, P. and Trakulsujaritchok, T. 2024. Mangiferin loaded carrageenan/chitosan core-shell hydrogel beads: Preparation, characterization and proposed application. Food Hydrocolloids. 147: 109394.

Cherian, T., Yalla, S. and Mohanraju, R. 2019. Antimicrobial potential of methanolic extract of *Bacillus aquimaris* isolated from the marine waters of Burmanallah coast, South Andaman. International Journal of Bio-Pharma Research. 8(12): 2806-2813.

Clinical and Laboratory Standards Institute. 2012. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests or bacteria that grow aerobically, 9th ed. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne.

Fourooghifard, H., Matinfar, A., Mortazavi, M. S., Roohani Ghadikolaee, K. and Mirbakhsh, M. 2017. Growth parameters of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and red seaweed *Gracilaria corticata* in integrated culturing method under zero water exchange system. Aquaculture Research. 48(10): 5235-5242.

Gupta, R.S., Patel, S., Saini, N. and Chen, S. 2020. Robust demarcation of 17 distinct *Bacillus* species clades, proposed as novel *Bacillaceae* genera, by phylogenomics and comparative genomic analyses: Description of *Robertmurraya kyonggiensis* sp. nov. and proposal for an emended genus *Bacillus* limiting it only to the members of the Subtilis and Cereus clades of species. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 70(11): 5753-5798.

Hong, X., Lu, L. and Xu, D. 2016. Progress in research on acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). Aquaculture International. 24: 577-593.

Mastan, S.A. and Begum, S.K.A. 2016. Vibriosis in farm reared white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in Andhra Pradesh-natural occurrence and artificial challenge. International Journal of Applied Sciences and Biotechnology. 4(2): 217-222.

Matloub, A.A., Gomaa, E.Z., Hassan, A.A., Elbatanony, M.M. and El-Senousy, W.M. 2020. Comparative chemical and bioactivity studies of intra and extracellular metabolites of endophytic bacteria, *Bacillus subtilis* NCIB 3610. International Journal of Peptide Research and Therapeutics. 26: 497-511.

Ngo, H.T., Nguyen, T.T.N., Nguyen, Q.M., Tran, A.V., Do, H.T.V., Nguyen, A.H., Phan, T.N. and Nguyen, A.T.V. 2016. Screening of pigmented *Bacillus aquimaris* SH6 from the intestinal tracts of shrimp to develop a novel feed supplement for shrimp. Journal of Applied Microbiology. 121(5): 1357-1372.

Nguyen, H.T., Nguyen, T.T., Pham, H.T.T., Nguyen, Q.T.N., Tran, M.T. Nguyen, A.H., Phan, T.N., Bui, H.T.V., Dao, H.T.T. and Nguyen, A.T.V. 2018. Fate of carotenoid-producing *Bacillus aquimaris* SH6 colour spores in shrimp gut and their dose-dependent probiotic activities. PLoS ONE. 13(12): e0209341.

Puangpee, S. and Suanyuk, N. 2021. *In vitro* and *in vivo* evaluation of antimicrobial activity of *Zooshikella marina* against pathogenic bacteria causing vibriosis in aquaculture. Aquaculture Research. 52(10): 4996-5007.

Srinivasan, R., Kannappan, A., Shi, C. and Lin, X. 2021. Marine bacterial secondary metabolites: A treasure house for structurally unique and effective antimicrobial compounds. Marine Drugs. 19(10): 530.

Suanyuk, N., Rogge, M., Thune, R., Watthanaphiromsakul, M., Champhat, N. and Wiangkum, W. 2014. Mortality and pathology of hybrid catfish, *Clarias macrocephalus* (Günther) x *Clarias gariepinus* (Burchell) associated with *Edwardsiella ictaluri* infection in Southern Thailand. Journal of Fish Diseases. 37(4): 385-395.

Taghavi, S., Montazeri, E. A., Zekavati, R. and Saffarian, P. 2023. Identification of a new compound (4-fluoro-2-trifluoromethyl imidazole) extracted from a new halophilic *Bacillus aquimaris* strain Persiangulf TA2 isolated from the Northern Persian Gulf with broad-spectrum antimicrobial effect. Iranian Journal of Biotechnology. 21(4): e3359.

Thammatinna, K., Sinprasertporn, A., Naknaen, A., Samernate, T., Nuanpirom, J., Chanwong, P., Somboonwiwat, K., Pogliano, J., Sathapondecha, P., Thawonsuwan, J., Nonejuie, P. and Chaikeeratisak, V. 2023. Nucleus-forming vibriophage cocktail reduces shrimp mortality in the presence of pathogenic bacteria. Scientific Reports. 13:17844.

Weisburg, W. G., Barns, S. M., Pelletier, D. A., and Lane, D. J. 1991. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. Journal of Bacteriology. 173(2): 697-703.

MAEJO UNIVERSITY
FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

ผลของสภาวะการกักเก็บสารสกัดแอสตาแซนธินจากเศษเหลือของกุ้งโดยวิธีโคอะเซอเวชันต่อคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ

Effect of Astaxanthin from Shrimp Waste Encapsulation by Coacervation on Chemical and Physical Qualities

พุฒิยา รัตนศิริวัฒน์[1*] นงพงา แสงเจริญ[2] และ ประภาพรรณ เพียรชอบ[1]

Phutthiya Ratanasiriwat[1], Nongpanga Sangcharoen[2] and Prapapan Pienchob[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

[2]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[1]Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University

[2]Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University

*Corresponding author e-mail: r.phutthiya@gmail.com

Received: Fab 28, 2024

Revised: May 29, 2024

Accepted: Jun 10, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะในการกักเก็บสารสกัดแอสตาแซนธินที่ได้จากเศษเหลือของกุ้ง และตรวจสอบสมบัติของแอสตาแซนธินภายหลังผ่านกระบวนการกักเก็บด้วยวิธี coacervation โดยศึกษาอัตราส่วนของอัลจิเนต : แอสตาแซนธิน (1:1, 1:2 และ 1:3 โดยน้ำหนัก) และปริมาณไคโตซาน (ร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) รวม 6 สิ่งทดลอง สำหรับการเตรียมเม็ดบีด จากการทดลองพบว่า น้ำหนักขนาด และร้อยละผลผลิตของเม็ดบีดแอสตาแซนธินในอัตราส่วนของอัลจิเนต: แอสตาแซนธินเท่ากับ 1:3 หยดอิมัลชันลงในสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0 (Asx3+C1.0) มีค่าเท่ากับ 44.97±8.50 มิลลิกรัม 4.10±0.51 มิลลิเมตร และร้อยละ 88.01±2.30 ตามลำดับ และมีค่ามากกว่าทุกชุดการทดลอง ค่าประสิทธิภาพในการกักเก็บ (%EE) ของเม็ดบีดแอสตาแซนธิน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p>0.05) โดยที่ประสิทธิภาพในการกักเก็บของเม็ดบีดแอสตาแซนธินในอัตราส่วนของอัลจิเนต : แอสตาแซนธินเท่ากับ 1:2 และไคโตซานร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (Asx2+C0.5 และ Asx2+C1.0) มีค่าสูงสุด (ร้อยละ96±3.19 และร้อยละ 96±6.19) การทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการตรวจสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ในเม็ดบีดแอสตาแซนธินอัตราส่วนของอัลจิเนต: แอสตาแซนธินเท่ากับ 1:3 ในสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0 (Asx3+ C1.0) มีค่า % DPPH scavenging effect สูงสุด (ร้อยละ 88.93±3.10) ส่วนการตรวจสอบด้วยวิธี FRAP assay พบว่าประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของแอสตาแซนธินเพิ่มขึ้น สำหรับการตรวจวัดลักษณะโครงสร้างของแอสตาแซนธินที่ถูกกักเก็บในเม็ดบีด พบว่าการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 เม็ดบีดมีลักษณะทรงกลมมากกว่าเม็ดบีดที่ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดการทดลอง Asx3+ C1.0 มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

คำสำคัญ : กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ, ประสิทธิภาพการกักเก็บ, แอสตาแซนธิน

Abstract

The objectives of this research were to study the encapsulation condition for astaxanthin from shrimp waste and investigate its properties after encapsulating by the coacervation method. The effects of alginate: astaxanthin ratio (1:1, 1:2, and 1:3, w/w) and chitosan content (0.5 and 1%, w/v) in 6 treatments were studied. The results showed that the astaxanthin bead prepared by the ratio of alginate and astaxanthin was 1:3, followed by dropping into the 1.0% chitosan solution (Asx3+C1.0) had the highest values of the weight, particle size, and yield production by 44.97±8.50 mg, 4.10±0.51 mm, and 88.01±2.30%, respectively. The encapsulation efficiency (%EE) of all astaxanthin beads did not significantly differ at a 95% confidence interval (p>0.05). However, the astaxanthin beads prepared by the ratio of alginate and astaxanthin was 1:2, followed by dropping into the 0.5 and 1.0% chitosan solution (Asx2+C0.5 and Asx2+C1.0) showed the highest %EE (96±3.19% and 96±6.19%, respectively). Based on DPPH radical scavenging assay for antioxidant activity determination, the astaxanthin beads prepared by the ratio of alginate and astaxanthin was 1:3, followed by dropping into the 1.0% chitosan solution (Asx3+C1.0) showed the strong % DPPH scavenging effect (88.93±3.10%). The FRAP assay showed that antioxidant activity increased with the increasing of astaxanthin. The structure of encapsulated astaxanthin under scanning electron microscopy found that the bead prepared with 1.0% chitosan solution had a more spherical shape than that of 0.5% chitosan solution. According to the result, the astaxanthin bead from Asx3+C 1.0 was able to be further developed as a dietary supplement.

Keywords: Antioxidant activity, Encapsulation efficiency, Astaxanthin

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกกุ้ง และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกุ้งเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก ภาคอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์กุ้งได้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2566 การส่งออกกุ้งแช่เย็น กุ้งแช่แข็ง และผลิตภัณฑ์กุ้งแปรรูป มีปริมาณการส่งออกรวม 131.17 พันตัน คิดเป็นมูลค่า 44,850.85 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2023) ทำให้เกิดเศษเหลือที่ไม่ต้องการจากกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้น เช่น ส่วนหัว เปลือกและหาง โดยทั่วไปเศษเหลือเหล่านี้ทางภาคอุตสาหกรรมมักกำจัดโดยการขายเป็นอาหารสัตว์ในราคาต่ำ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า เศษเหลือจากกุ้งประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่มีคุณค่า เช่น ไคติน (chitin) ไคโตซาน (chitosan) สารสกัดให้กลิ่นรสจากหัวกุ้งและแอสตาแซนธิน (astaxanthin) เป็นต้น (Handayani *et al*., 2008; Haque *et al*., 2023) ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและการนำเศษเหลือไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด การสกัดแอสตาแซนธินโดยใช้เศษเหลือจากภาคอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์จากกุ้งจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ

เพราะในปัจจุบันแอสตาแซนธินที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่ได้มาจากการสังเคราะห์ ในขณะที่ความต้องการอาหารจากธรรมชาติของผู้บริโภคมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคมีความกังวลในด้านความปลอดภัยของสารที่ได้จากการสังเคราะห์ ดังนั้นการสกัดสารที่ได้จากธรรมชาติจึงสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้แอสตาแซนธินมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่สามารถจับและทำลายอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับเซลล์ในร่างกาย โดยพบว่ามีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเบต้า-แคโรทีน ประมาณ 10 เท่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิตามินอี ประมาณ 100 เท่า (Taksima *et al*., 2020) ทำให้ในปัจจุบันแอสตาแซนธินได้รับความสนใจในการนำไปเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบของแอสตาแซนธินในการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร คือความไม่คงตัวต่อสภาวะแวดล้อมทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา เช่น แสง ออกซิเจน ความชื้น สภาวะความเป็นกรด-ด่าง และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นต้น (Wulandari *et al*., 2023) เนื่องจากลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของแอสตาแซนธินที่มีความไม่อิ่มตัวสูงทำให้เกิดการเสียสภาพได้ง่าย ดังนั้นในการประยุกต์ใช้แอสตาแซนธินในผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มความคงตัวทางเคมี ทางกายภาพ หรือช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะแวดล้อม การใช้เทคโนโลยีการกักเก็บ (encapsulation) เป็นอีกทางเลือกที่สามารถช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพจากสภาวะแวดล้อม นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมอัตราการปลดปล่อยของสารออกจากแคปซูล และช่วยรักษาสมบัติของสารภายในแคปซูลให้คงทนและมีประสิทธิภาพภายใต้สภาวะที่กำหนด (Taksima *et al*., 2015) มีงานวิจัยที่ศึกษาความคงตัวของแอสตาแซนธินด้วยกระบวนการ coacervation ร่วมกับการใช้ ultrasonic atomizer สำหรับการเตรียมเม็ดบีด และนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต พบว่ากระบวนการ coacervation ช่วยรักษาคุณสมบัติของแอสตาแซนธินและมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร (Taksima *et al*., 2015)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการกักเก็บแอสตาแซนธินด้วยวิธี coacervation เพื่อเพิ่มความคงตัวให้กับแอสตาแซนธินที่สกัดได้จากเศษเหลือของกุ้งซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นเม็ดบีดที่มีแอสตาแซนธิน ถูกกักเก็บไว้ภายใน และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแอสตาแซนธินภายหลังผ่านกระบวนการกักเก็บ

วิธีการดำเนินงาน

1. การเตรียมวัตถุดิบและการสกัดสารสกัดหยาบแอสตาแซนธิน

เศษเหลือของกุ้งที่ใช้ในการทดลองเป็นเศษเหลือของกุ้งขาว จากบริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) อำเภอมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร การเตรียมตัวอย่างเริ่มจากการนำเศษเหลือของกุ้ง มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าจากนั้นนำไปบดหยาบด้วยเครื่องบดอาหารไฟฟ้า ทำการสกัดด้วยเครื่อง Soxhlet apparatus โดยใช้เปลือกกุ้ง 5 กรัม ผสมด้วยเอทานอลร้อยละ 95 เป็นตัวทำละลาย ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ทำการสกัดเป็นเวลา 5-8 ชั่วโมง (20 รอบของการชะไขมันของตัวทำละลาย) สารที่สกัดได้นำไประเหยเอาตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 178 mbar และทำการเก็บในขวดฝาเกลียวสีชาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป (ดัดแปลงจากวิธีของ Mezzomo *et al*., 2011)

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกักเก็บแอสตาแซนธินที่สกัดได้จากเศษเหลือของกุ้ง

การเตรียมอิมัลชันทำโดยการละลายอัลจิเนตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 ละลายในน้ำกลั่นโดยกวนผสมกันแช่ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาผสมกับแอสตาแซนธินในอัตราส่วนของอัลจิเนต : แอสตาแซนธินเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 (โดยน้ำหนัก) ผสมแอสตาแซนธินกับน้ำมันรำข้าวปริมาณร้อยละ 25 โดยน้ำหนักของอัลจิเนต ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (ยี่ห้อ Ika รุ่น T25 basic) เป็นเวลา 15 นาที ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เพื่อทำให้ได้อิมัลชัน (ดัดแปลงจากวิธีของ Valenzuela *et al*., 2014 และ Gomez-Estaca *et al*., 2016)

การเตรียมสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 โดยละลายไคโตซานในกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 65 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายไคโตซานผสมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 35 มิลลิลิตร เพื่อเตรียมเป็น coagulation fluid โดยสารละลายไคโตซานและแคลเซียมคลอไรด์ถูกนำมาผสมกันก่อนใช้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ดัดแปลงจากวิธีของ Taksima *et al*., 2015) จากนั้นทำการหยดอิมัลชันโดยใช้ syringe ลงมาเป็นเม็ดบีด (แคปซูล) ที่ทำการรองรับด้วยบีกเกอร์ที่บรรจุ coagulation fluid ภายใต้สภาวะการกวนเป็นเวลา 60 นาที นำเม็ดบีดมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยทำการกวนผสมเป็นเวลา 30 นาที จึงนำเม็ดบีดมาล้างด้วยน้ำกลั่น กรองเม็ดบีดออกจากสารละลาย แล้วเก็บเม็ดบีดในขวดสีชาสำหรับเก็บตัวอย่าง ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

3. การวิเคราะห์คุณภาพของเม็ดบีด

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของเม็ดบีดหลังผ่านกระบวนการกักเก็บ

ปริมาณร้อยละผลผลิตของเม็ดบีด (% Yield) ที่ได้สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักของเม็ดบีดที่ได้เปรียบเทียบกับน้ำหนักของสารละลายตั้งต้นดังสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละของผลผลิต (\%Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักของเม็ดบีดที่ได้}}{\text{น้ำหนักของสารละลายเริ่มต้น}} \times 100 \qquad (1)$$

3.2 การวิเคราะห์ขนาดของเม็ดบีด

การวิเคราะห์ขนาดของเม็ดบีดโดยใช้ Vernier calipers ทำโดยการสุ่มเม็ดบีดมา 30 เม็ด แล้วทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางจากขอบด้านยาวของเม็ดบีด จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยขนาดของเม็ดบีดที่ได้

3.3 การวิเคราะห์น้ำหนักของเม็ดบีด

การวิเคราะห์น้ำหนักของเม็ดบีดโดยใช้เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ทำโดยการสุ่มเม็ดบีดมา 30 เม็ด แล้วทำการชั่งน้ำหนักของเม็ดบีดทีละเม็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเม็ดบีดที่ได้

3.4 การวัดสีของเม็ดบีดด้วย Colorimeter

นำเม็ดบีดของสารสกัดจากเปลือกกุ้งมาวัดสีด้วยเครื่อง Colorimeter รายงานค่าในระบบ CIE L* a* และ b* โดยค่า L* คือค่าความสว่าง a* คือ ค่าสีเขียว-สีแดง โดยค่าติดลบให้ค่าสีเขียว ค่าเป็นบวกให้ค่าสีแดง ส่วน b* คือค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง โดยค่าติดลบให้ค่าสีน้ำเงิน ค่าเป็นบวกให้ค่าสีเหลือง

3.5 การตรวจวัดประสิทธิภาพในการกักเก็บ

ประสิทธิภาพในการกักเก็บ (encapsulation efficiency, EE) คือร้อยละของแอสตาแซนธินที่ถูกกักเก็บไว้ในเม็ดบีด โดยการวัดปริมาณของแอสตาแซนธินที่อยู่บนผิวของเม็ดบีดด้วยการใช้กระดาษกรอง (Whatman เบอร์ 1) ในการดูดซับสารที่อยู่บนผิวของเม็ดบีด จากนั้นทำให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่คำนวณร้อยละของ EE ได้ตามสมการที่ (2) เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Chan (2011)

$$EE\ (\text{ร้อยละ}) = \frac{(\text{น้ำหนักของแอสตาแซนธินเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักของแอสตาแซนธินที่อยู่บนผิวของเม็ดบีด})}{\text{น้ำหนักของแอสตาแซนธินเริ่มต้น}} \times 100 \qquad (2)$$

3.6 ทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระการทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay

การทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Nayak *et al*. (2015) โดยเตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-l-1-picrylhydrazil) ความเข้มข้น 70 µM ในเมทานอล ปิเปตต์สารตัวอย่าง ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer เทียบกับสารละลายแบลงค์ (Blank: ใช้เมทานอลแทนสารตัวอย่าง) บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, Abs) (A_{sample}) รายงานผลเป็น DPPH scavenging effect (%) โดยคำนวนจากสมการ (3)

$$\text{DPPH scavenging effect (\%)} = [(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ $A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH; A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด

3.7 ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของไมโครแคปซูล ด้วยวิธี FRAP assay

การทดสอบด้วยวิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power) assay เป็นวิธีที่อ้างอิงมาจาก Barros *et al*. (2012) โดยเตรียมสารละลาย Ferric chloride solution โดยผสมสารละลาย acetate buffer pH 3.6 ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 25 มิลลิลิตร กับ Ferric chloride solution ความเข้มข้น 20 mM ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-1,3,5-triazine) ความเข้มข้น 10 mM ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน ก่อนใช้นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ทำการทดสอบโดยปิเปตต์ตัวอย่าง ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TPTZ ปริมาตร 2.85 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 nm (Blank: ใช้ เมทานอลแทนสารละลายตัวอย่าง) บันทึกค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, Abs) วิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ Ascorbic acid (AsE) เป็นกราฟมาตรฐาน และรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของ Ascorbic acid ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mg AsE/ตัวอย่าง 1 กรัม)

3.8 ศึกษาขนาดและลักษณะโครงสร้างของแอสตาแซนธินที่ถูกกักเก็บ

นำเม็ดบีดของสารสกัดจากเปลือกกุ้งมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) โดยส่งวิเคราะห์ ณ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.การประเมินผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยเทคนิค ANOVA (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test (DMRT) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการดำเนินงาน

1. น้ำหนัก ขนาด และปริมาณร้อยละผลผลิตของเม็ดบีด

จากการศึกษาหาน้ำหนัก ขนาด และปริมาณร้อยละผลผลิตของเม็ดบีดที่ได้จากกระบวนการกักเก็บสารแอสตาแซนธิน (Table 1) โดยใช้ตัวอย่าง 6 ชุด คือ อัลจิเนต : แอสตาแซนธิน เท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 (โดยน้ำหนัก) แช่ในสารละลายไคโตซานร้อยละ 0.5 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) (Asx1+C0.5, Asx2+C0.5, Asx3+C0.5) และอัลจิเนต:แอสตาแซนธินเท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 (โดยน้ำหนัก) แช่ในสารละลายไคโตซานร้อยละ 1.0 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) (Asx1+C1.0, Asx2+C1.0, Asx3+C1.0) พบว่า น้ำหนักและขนาดของเม็ดบีดที่ได้จากกระบวนการกักเก็บมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ร้อยละปริมาณผลผลิตของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยตัวอย่าง Asx3+C1.0 มีน้ำหนัก ขนาด และปริมาณผลผลิตมากกว่าทุกตัวอย่าง โดยมีปริมาณน้ำหนักเท่ากับ 44.97 มิลลิกรัม มีขนาดเท่ากับ 4.10 มิลลิเมตร และมีค่าปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 88.01

Table 1 Weight, particle size and yield of astaxanthin bead using different ratio of alginate: astaxanthin and chitosan concentration.

Treatment	Weight (mg)	Particle size (mm)	Yield (%) $^{(ns)}$
Asx1+C0.5	24.17 ^{d} ± 1.49	3.33 ^{b} ± 0.19	84.95 ± 2.27
Asx2+C0.5	23.99 ^{d} ± 3.23	3.49 ^{b} ± 0.38	87.28 ± 1.82
Asx3+ C0.5	25.67 ^{d} ± 3.51	3.36 ^{b} ± 0.27	86.09 ± 3.52
Asx1+C1.0	33.51 ^{c} ± 2.36	3.31 ^{b} ± 0.10	86.68 ± 8.40
Asx2+C1.0	41.33 ^{b} ± 3.48	4.04 ^{a} ± 0.42	87.01 ± 4.04
Asx3+C1.0	44.97 ^{a} ± 8.50	4.10 ^{a} ± 0.51	88.01 ± 2.30

Each treatment uses different ratio of alginate: astaxanthin as 1:1, 1:2, and 1:3 (w/w) (Asx1, Asx2, and Asx3, respectively) and concentration of chitosan as 0.5 and 1.0% (w/v) (C0.5 and C1.0, respectively). Values are presented as the means of three replicates ± standard error. Values in same column followed by different small letters denote significant differences ($p<0.05$). NS is no significant differences ($p>0.05$).

2. การวัดค่าสีของเม็ดบีด

คุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์เป็นดัชนีบ่งชี้ด้านคุณภาพที่สำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยการศึกษาครั้งนี้ได้นำเม็ดบีดที่ได้จากกระบวนการกักเก็บสารแอสตาแซนธินจากเศษเหลือของกุ้ง มาวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter และรายงานค่าในระบบ CIE L* a* และ b* โดยค่า L* คือค่าความสว่าง a* คือ ค่าสีเขียว–แดง โดยค่าติดลบให้เป็นค่าสีเขียว ค่าบวกให้เป็นค่าสีแดง ส่วน b* คือ ค่าสีน้ำเงิน–เหลือง โดยค่าติดลบให้เป็นค่าสีน้ำเงิน ค่าบวกให้เป็นค่าสีเหลือง ซึ่งเมื่อทำการทำการเปรียบเทียบสีของเม็ดบีด พบว่าทุกตัวอย่าง มีค่า L* อยู่ระหว่าง 48.40-53.20 มีค่า a* อยู่ระหว่าง 27.34-35.71 ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงถึงค่าของสีแดง และมีค่า b* อยู่ระหว่าง 28.49-34.07 ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงถึงค่าของสีเหลือง (Table 2) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Table 2 Color of astaxanthin bead using different ratio of alginate: astaxanthin and chitosan concentration.

Treatment	Color		
	L*	a*	b*
Asx1+C0.5	$53.20^{a} \pm 0.09$	$30.11^{e} \pm 0.14$	$28.49^{d} \pm 0.07$
Asx2+C0.5	$49.02^{e} \pm 0.07$	$34.80^{b} \pm 0.12$	$32.94^{b} \pm 0.05$
Asx3+C0.5	$48.40^{f} \pm 0.11$	$35.71^{a} \pm 0.19$	$32.40^{b} \pm 0.24$
Asx1+C1.0	$52.05^{b} \pm 0.40$	$27.34^{f} \pm 0.62$	$25.81^{e} \pm 0.70$
Asx2+C1.0	$50.36^{d} \pm 0.24$	$32.46^{d} \pm 0.08$	$31.17^{c} \pm 0.11$
Asx3+C1.0	$51.38^{c} \pm 0.11$	$34.11^{c} \pm 0.20$	$34.07^{a} \pm 0.32$

Each treatment uses different ratio of alginate: astaxanthin as 1:1, 1:2, and 1:3 (w/w) (Asx1, Asx2, and Asx3, respectively) and concentration of chitosan as 0.5 and 1.0% (w/v) (C0.5 and C1.0, respectively). Values are presented as the means of three replicates ± standard error. Values in same column followed by different small letters denote significant differences ($p<0.05$).

3. ประสิทธิภาพในการกักเก็บของเม็ดบีด

การศึกษาประสิทธิภาพของการกักเก็บมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงความสามารถของสารเคลือบในการรักษาสมบัติต่างๆ ของสารสำคัญที่ถูกกักเก็บไว้ภายในเม็ดบีดทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลือกสารเคลือบที่ใช้ในกระบวนการกักเก็บได้อย่างเหมาะสม จาก Figure 1 พบว่าประสิทธิภาพของการกักเก็บสารแอสตาแซนธินจากเศษเหลือของกุ้งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของแอสตาแซนธินและไคโตซานมีค่าประสิทธิภาพการกักเก็บอยู่ระหว่างร้อยละ 90-96 โดยทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

4. ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของแอสตาแซนธิน

การทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยใช้เม็ดบีดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของแอสตาแซนธิน และไคโตซาน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm เพื่อหาปริมาณร้อยละการยังยั้งอนุมูลอิสระของเม็ดบีด พบว่าเมื่อความเข้มข้นของแอสตาแซนธิน และไคโตซานเพิ่มขึ้น เม็ดบีดจะมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น ซึ่งรายงานเป็นค่า DPPH scavenging effect (% Inhibition) โดยเม็ดบีด Asx3+C1.0 มีค่า DPPH scavenging effect เท่ากับร้อยละ 88.93 ซึ่งสูงกว่าเม็ดบีดทุกตัวอย่าง (Table 3) สำหรับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ค่า FRAP เพื่อหาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของแอสตาแซนธินที่ถูกกักเก็บ พบว่า ตัวอย่าง Asx1+C0.5, Asx2+C0.5 และ Asx3+C0.5 มีค่า FRAP เท่ากับ 13.22 32.74 และ 51.85 ug AsE/ตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ และตัวอย่าง Asx1+C1.0, Asx2+C1.0 และ Asx3+C1.0 มีค่า FRAP เท่ากับ 13.57, 31.24 และ 56.22 ug AsE/ตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณแอสตาแซนธินเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้น

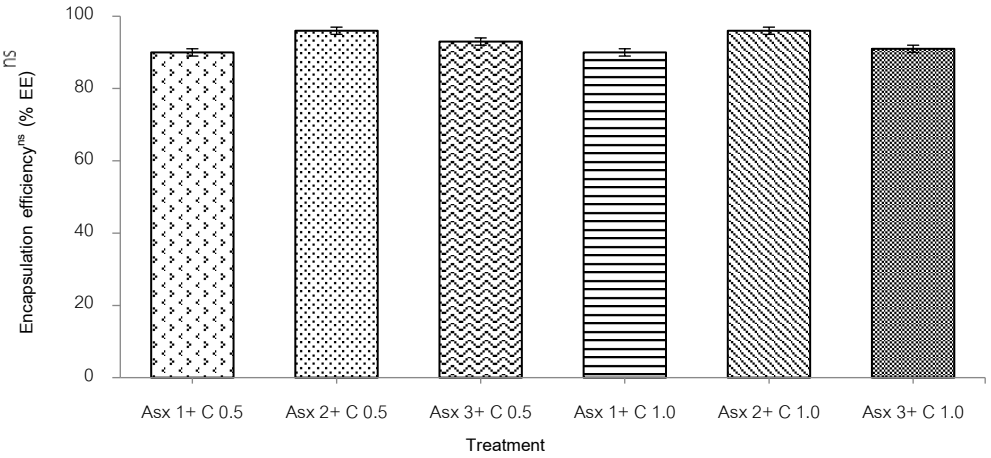


Figure 1 Encapsulation efficiency of astaxanthin bead using different ratio of alginate: astaxanthin (1:1, 1:2, and 1:3, w/w) (Asx1, Asx2, and Asx3, respectively) and chitosan concentration (0.5 and 1.0%, w/v) (C0.5 and C1.0, respectively). Values are presented as the means of three replicates ± standard error. ns is no significant differences ($p>0.05$).

Table 3 Encapsulation efficiency of astaxanthin bead using different ratio of alginate: astaxanthin and chitosan concentration.

Treatment	DPPH scavenging effect (% Inhibition)	FRAP Values (ug AsE/1 g)
Asx1+ C 0.5	65.86^{c} ±2.07	13.22^{d} ± 0.78
Asx2+ C 0.5	83.53^{ab} ±3.93	32.74^{c} ± 1.39
Asx3+ C 0.5	85.43^{a} ±2.46	51.85^{b} ± 0.67
Asx1+ C 1.0	67.88^{bc} ±0.84	13.57^{d} ± 0.60
Asx2+ C 1.0	86.37^{a} ±3.14	31.24^{c} ± 1.25
Asx3+ C 1.0	88.93^{a} ±3.10	56.22^{a} ± 1.10

Each treatment uses different ratio of alginate: astaxanthin as 1:1, 1:2, and 1:3 (w/w) (Asx1, Asx2, and Asx3, respectively) and concentration of chitosan as 0.5 and 1.0% (w/v) (C0.5 and C1.0, respectively). Values are presented as the means of three replicates ± standard error. Values in same column followed by different small letters denote significant differences ($p<0.05$).

5. ขนาดและลักษณะโครงสร้างของเม็ดบีดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของแอสตาแซนธินและไคโตซาน

ในการศึกษาขนาดและโครงสร้างของเม็ดบีดครั้งนี้ได้นำกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) มาใช้ในการศึกษาลักษณะสัณฐานของวัสดุในระดับจุลภาค โดยลักษณะภายนอกที่เหมาะสมของเม็ดบีดควรมีพื้นผิวที่เรียบ ไม่ยุบ ไม่หดตัว ไม่ควรมีรอยแตก รอยร้าว เพราะจะทำให้เกิดการกักเก็บสารสกัดได้ไม่ดี (Ratanasiriwat *et. al.*, 2018) จาก Figure 2 (a-f) คือภาพเม็ดบีดที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และส่องดูลักษณะโครงสร้างภายนอกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ซึ่งผลการวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดบีดที่ได้พบว่าเม็ดบีดในทุกตัวอย่างมีโครงสร้างพื้นผิวขรุขระและมีลักษณะรูปร่างทรงกลม

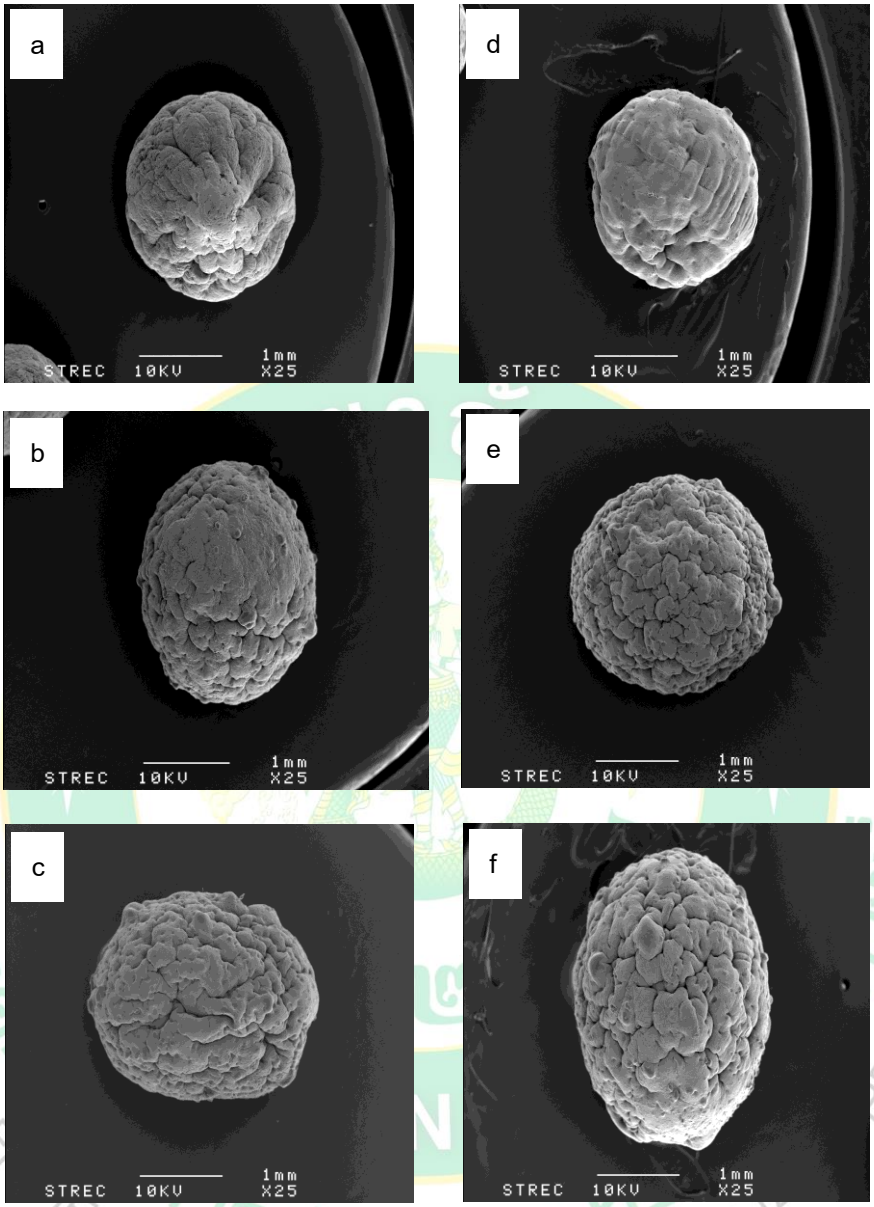


Figure 2 The structure of astaxanthin bead under scanning electron microscopy. Each treatment uses different ratio of alginate: astaxanthin as 1:1, 1:2, and 1:3 (w/w) (Asx1, Asx2, and Asx3, respectively) and chitosan concentration (0.5 and 1.0%, w/v) (C0.5 and C1.0, respectively). (a) Asx1+C0.5, (b) Asx2+C0.5, (c) Asx3+C0.5, (d) Asx1+C1.0, (e) Asx2+C1.0, and (f) Asx3+C1.0.

วิจารณ์ผลการดำเนินงาน

การกักเก็บสารสกัดแอสตาแซนธินจากเศษเหลือของกุ้ง พบว่า น้ำหนักและขนาดของเม็ดบีดของทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มตัวอย่าง อัลจิเนต : แอสตาแซนธิน (1:1, 1:2 และ 1:3 โดยน้ำหนัก) ที่แช่ในสารละลาย ไคโตซานร้อยละ 1.0 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) มีน้ำหนัก และขนาดมากกว่ากลุ่มตัวอย่าง อัลจิเนต : แอสตาแซนธิน (1:1, 1:2 และ 1:3 โดยน้ำหนัก) ที่แช่ในสารละลายไคโตซานร้อยละ 0.5

(โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (Table 1) แสดงให้เห็นว่าสภาวะการใช้อัลจิเนตร่วมกับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันค่าน้ำหนักและขนาดของเม็ดบีดจะมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานเพิ่มขึ้น ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าน้ำหนักสุทธิของเม็ดบีดที่ได้จากกระบวนการกักเก็บสารขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไคโตซาน เมื่อความเข้มข้นของไคโตซานสูงขึ้นจะได้น้ำหนักของเม็ดบีดสูงขึ้น โดยที่ตัวอย่าง Asx3+C1.0 มีค่าน้ำหนัก ขนาด และปริมาณร้อยละผลผลิตมีค่าสูงที่สุด คือ 44.97 มิลลิกรัม 4.10 มิลลิเมตร และร้อยละ 88.01 จากตารางที่ 2 แสดงค่าสีของเม็ดบีดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของแอสตาแซนธินและไคโตซาน พบว่าตัวอย่างเม็ดบีดที่ได้ในทุกตัวอย่างมีสีส้มอมเหลือง โดยมีค่า a* (ค่าสีแดง) และ b* (ค่าสีเหลือง) เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอัตราส่วนของแอสตาแซนธินเพิ่มขึ้น เนื่องจากแอสตาแซนธินเป็นสารรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีสีชมพูถึงแดง ส้ม และจัดเป็นสารสีในกลุ่มแซนโทฟิลล์ จึงส่งผลให้สีของเม็ดบีดที่ได้มีสีส้ม ทั้งนี้ค่าความแตกต่างของสีทั้งหมดของตัวอย่างเม็ดบีดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การศึกษาประสิทธิภาพการกักเก็บสารสกัดแอสตาแซนธินของเม็ดบีด พบว่าในทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 90 – 96 (Figure 1) ซึ่งจากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pasparakis and Bouropoulos (2006) ที่ได้ศึกษาการกักเก็บสารโดยใช้แคลเซียมอัลจิเนต และแคลเซียมอัลจิเนตร่วมกับไคโตซาน ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพของการกักเก็บสารนั้นมีค่าสูงมากกว่าร้อยละ 80 และงานวิจัยของ Chan (2011) ที่ได้ศึกษาการกักเก็บน้ำมันให้อยู่ในรูปของเม็ดบีดโดยใช้สารเคลือบ คือแคลเซียมอัลจิเนต ซึ่งจากการวิจัยพบว่าผลของประสิทธิภาพของการกักเก็บน้ำมันสูงถึงร้อยละ 90 จากผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่า เมื่อมีการใช้ความเข้มข้นของสารเคลือบที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการกักเก็บสารที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li *et al*. (2002) ที่ได้ศึกษาการกักเก็บสารโดยใช้สารเคลือบ คือไคโตซานและอัลจิเนต พบว่าเมื่อมีการใช้ความเข้มข้นของไคโตซานที่ระดับสูงขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการกักเก็บสารสูงขึ้นด้วย โดยเมื่อใช้ความเข้มข้นของไคโตซานสูงสุดที่ระดับร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าได้ประสิทธิภาพของการกักเก็บสารสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 84.13 จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแอสตาแซนธินจากเศษเหลือของกุ้งหลังผ่านการกักเก็บในระดับความเข้มข้นของแอสตาแซนธินต่าง ๆ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay และ วิธี FRAP assay พบว่าประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันของแอสตาแซนธินในเม็ดบีดมีค่าการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแอสตาแซนธินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบผลของระดับความเข้มข้นของสารไคโตซานที่ใช้พบว่าค่าประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันของแอสตาแซนธินในเม็ดบีดสูงขึ้นเมื่อใช้ระดับความเข้มข้นของไคโตซานมากขึ้น จากการวิเคราะห์สมบัติการต้านออกซิเดชันของสารแอสตาแซนธินโดยใช้วิธี DPPH มีผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang *et al*. (2012) ที่ได้ศึกษาการสกัดสารแอนตาแซนธินจากสาหร่าย *Haematococus pluvialis* ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction และทดสอบสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารแอนตาแซนธินในน้ำมันดอกทานตะวัน พบว่าประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันของสารตัวอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณของสารตัวอย่างเพิ่มสูงขึ้นโดยจะมีผลต่อการยับยั้งการสร้างไฮโดรเปอร์ออกไซด์ได้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

การศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอกของเม็ดบีด ได้นำกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมาใช้ในการสังเกต ซึ่งคุณสมบัติที่เหมาะสมของลักษณะภายนอกของเม็ดบีดควรมีพื้นผิวที่เรียบ ไม่ยุบ ไม่หดตัว และมีลักษณะที่กลม จากผลการทดลองพบว่าเม็ดบีดมีลักษณะที่ขรุขระมากเนื่องจากการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมีข้อจำกัดที่ว่าตัวอย่างที่ใช้ส่องต้องทำแห้ง (Taksima *et al*., 2015) ซึ่งผลการวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดบีดโดยการเปรียบเทียบจากความเข้มข้นของไคโตซานที่ระดับต่าง ๆ พบว่าการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 เม็ดบีดมีลักษณะทรงกลมมากกว่าเม็ดบีดที่ใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ ความเข้มข้นของไคโตซานที่สูงขึ้นส่งผลต่อการทำปฏิกิริยากับสารอัลจิเนตได้มากขึ้น ทำให้กระบวนการกักเก็บสารเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ผลของการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pasparakis and Bouropoulos (2006) ที่ได้ศึกษาการกักเก็บสารโดยการใช้แคลเซียมอัลจิเนตและแคลเซียมอัลจิเนตร่วมกับไคโตซานได้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเม็ดบีดซึ่งผลการวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดบีดที่ได้ พบว่าลักษณะของเม็ดบีดมีรูปร่างทรงกลม ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การกักเก็บแอสตาแซนธินที่สกัดได้จากเศษเหลือของกุ้งด้วยวิธีโคอะเซอเวชันโดยมีอัลจิเนตร่วมกับไคโตซานเป็นสารห่อหุ้ม พบว่าประสิทธิภาพการกักเก็บของเม็ดบีดทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้แอสตาแซนธินที่ถูกห่อหุ้มภายในเม็ดบีดมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระได้ดี โดยจากการทดสอบโดยวิธี DPPH radical scavenging assay และ FRAP assay พบว่า Asx3+C1.0 มีความสามารถรักษาสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารแอสตาแซนธินได้ดีที่สุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารได้

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

การประยุกต์ใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารควรมีการป้องกันการเปลี่ยนแปลงเพื่อช่วยรักษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระภายใต้สภาวะการแปรรูปและการเก็บรักษาอาหาร ดังนั้น ควรมีการศึกษาการเพิ่มความคงตัวของแอสตาแซนธินที่สภาวะต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ไว้ ณ โอกาสนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Barros, H.R.M., Ferreira, T.C. and Genovese, M.I. 2012. Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. Food chemistry. 134(4): 1892-1898.

Chan, E.S. 2011. Preparation of Ca-alginate beads containing high oil content: Influence of process variables on encapsulation efficiency and bead properties. Carbohydrate Polymers. 84(4): 1267-1275.

Gomez-Estaca, J., Comunian, T.A., Montero, P., Ferro-Furtado, R. and Favaro-Trindade, C.S. 2016. Encapsulation of an astaxanthin-containing lipid extract from shrimp waste by complex coacervation using a novel gelatin cashew gum complex. Food Hydrocolloids. 61: 155-162.

Handayani, A.D., Sutrisno, A., Indraswati, N. and Ismadji, S. 2008. Extraction of astaxanthin from giant tiger (*Panaeus monodon*) shrimp waste using palm oil: Studies of extraction kinetics and thermodynamic. Bioresource Technology. 99(10): 4414-4419.

Haque, R., Sawant, P.B., Sardar, P., Varghese, T., Xavier, K.A.M., Chadha, N.K., Sundaray, J.K., Haldar, C., Jana, P. and Pattanaik, S.S. 2023. Shrimp shell waste-derived astaxanthin in synergistic combination with its commercial variant augments gonadal maturation and upregulates vitellogenin gene expression of discus (*Symphysodon aequifasciatus*). Aquaculture. 562: 738828.

Li, S., Wang, X.T., Zhang, X.B., Yang, R.J., Zhang, H.Z., Zhu, L.Z. and Hou, X.P. 2002. Studies on alginate-chitosan microcapsules and renal arterial embolization in rabbits. Journal of Control Release. 84(3): 87-98.

Mezzomo, N., Maestri, B., Santos, R. L., Maraschin, M. and Ferreira, S. 2011. Pink shrimp (*P. brasiliensis* and *P. paulensis*) residue: Influence of extraction method on carotenoid concentration. Talanta. 85(3): 1383–1391.

Nayak, B. F., Dahmoune, K., Moussi, H., Remini, S., Dairi, O. and Aoun, M. 2015. Comparison of microwave, ultrasound and accelerated-assisted solvent extraction for recovery of polyphenols from *Citrus sinensis* peels. Food chemistry. 187: 507–516.

Office of Agricultural Economics. 2023. Important agricultural products situation and trends in 2024. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. [in Thai].

Pasparakis, G. and Bouropoulos, N. 2006. Swelling studies and in vitro release of verapamil from calcium alginate and calcium alginate-chitosan beads. International Journal of Pharmaceutics. 323(1-2): 34-42.

Ratanasiriwat, P., Pai-Ngam, K., Sa-Ngonwong, R., Chaonatri, W. and Pienchob. 2018. Encapsulation of crude extracts from pumelo peel. RMUTTO Research Journal. 11(2): 21-30. [in Thai].

Taksima, T., Klaypradit, W., Limpawattanab, M. and Chonpathompikunlert, P. 2020. Astaxanthin under different storage conditions. Thai Science and Technology Journal. 28(5): 806 – 819. [in Thai].

Taksima, T., Limpawattanab, M. and Klaypradit, W. 2015. Astaxanthin encapsulated in beads using ultrasonic atomizer and application in yogurt as evaluated by consumer sensory profile. LWT – Food Science and Technology. 62(1): 431 – 437.

Valenzuela, C., Hernández, V., Morales, M.S., Neira-Carrillo, A. and Pizarro, F. 2014. Preparation and characterization of heme iron-alginate beads. LWT – Food Science and Technology. 59(2): 1283–1289.

Wang, L., Yang, B., Yan, B. and Yao, X. 2012. Supercritical fluid extraction of astaxanthin from *Haematococus pluvialis* and its antioxidant potential in sunflower oil. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 13: 120-127.

Wulandari, S., Choi, J., Kurniawan, R.G., Sugiarto, J.R., Myint, A.A., Kwak, S.K. and Kim, J. 2023. Synthesis of highly stable encapsulated astaxanthin/β-cyclodextrin microparticles using supercritical CO_2 as an antisolvent. Journal of CO2 Utilization. 75: 102575.

MAEJO UNIVERSITY
FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

ผลกระทบของประมงผีต่อความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากลอบปูแบบพับได้ บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี

Effect of ghost fishing on economic loss from collapsible crab trap at Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province

เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล[1], ชนะสักก์ รื่นรมย์[1], ฐกร ค้าขายกิจธวัช[2] และ ชลี ไพบูลย์กิจกุล[1*]

Benjamas Paibulkichakul[1], Chanasak Ruenrom[1], Thakorn Kakhaikittawat[2] and Chalee Paibulkichakul[1*]

[1] คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี

[2] ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัด จันทบุรี

[1] Faculty of Marine Technology, Burapha University Chanthaburi Campus, Chanthaburi Province

[2] Kung Krabaen Bay Royal Development Study Centre, Chanthaburi

* Corresponding author e mail: pchalee@buu.ac.th

Received: Jun 17, 2024

Revised: Jul 12, 2024

Accepted: Jul 18, 2024

บทคัดย่อ

ศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจของประมงผีจากลอบปูแบบพับได้บริเวณหน่วยสาธิตการเลี้ยงสัตว์น้ำภายในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่วันที่ 25 มกราคม – 17 มีนาคม 2564 จากลอบปูทั้งหมด 42 ลูก พบว่าเมื่อลอบปูสูญเสียการควบคุมจากชาวประมงและจมอยู่ในทะเลมีโอกาสที่ลอบปูเกิดการดักจับสัตว์น้ำได้มากกว่าโอกาสที่ลอบปูไม่ดักจับสัตว์น้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยมีสัดส่วนของลอบปูที่เกิดประมงผี 33 ลูก (78.57%) และไม่เกิดประมงผี 9 ลูก (21.43%) ซึ่งลอบปูที่เกิดประมงผีสามารถดักจับสัตว์น้ำได้ทั้งหมด 11 ชนิด (60 ตัว) แบ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ 52 ตัว (86.67%) และเป็นสัตว์น้ำที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ 8 ตัว (13.33%) โดยสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจชนิดเด่นที่พบ คือ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ปูใบ้ก้ามดำ (*Myomenippe hardwickii*) และปลาเก๋าดอกแดง (*Epinephelus coioides*) มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจทั้งสิ้น 591.46 บาท ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการประมงผีมีผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ ต่อการจัดการประมงอย่างยั่งยืน ดังนั้น จึงควรทำการประมงอย่างระมัดระวังในช่วงฤดูมรสุม และการเพิ่มขนาดตาอวนเพื่อเพิ่มโอกาสหลุดรอดของสัตว์น้ำเมื่อหลุดเข้าลอบจากการประมงผี

คำสำคัญ: ประมงผี, ลอบปู, ปูม้า, อ่าวคุ้งกระเบน, จังหวัดจันทบุรี

Abstract

The study investigated the impact of ghost fishing from a collapsible crab trap in Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province. The study period was from 25 January to 17 March 2021. Throughout the 52 days of the experiment, the lost crab trap was more likely to trap aquatic animals than the crab trap that

could not trap aquatic animals ($p < 0.05$). Of the 33 traps, 78.57% were capable of ghost fishing, while 21.43% were not. The ghost fishing traps caught 11 different species (60 individuals), with 52 individuals (86.67%) classified as market species and 8 individuals (13.33%) as non-market species. The predominant aquatic animals caught were blue swimming crab (*Portunus pelagicus*), stone crab (*Myomenippe hardwickii*), and orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). The estimated economic loss was 591.46 Baht (98.85 Baht/trap/year). The results of this study indicate that ghost fishing has a significant economic impact and towards sustainable fisheries management. Therefore, fishing should be done carefully during the monsoon season and increasing the size of the nets to increase the chances of escaping aquatic animals when they escape from ghost fishing.

Keywords: Ghost fishing, Collapsible crab trap, Blue Swimming Crab, Kung Krabaen Bay, Chanthaburi

บทนำ

การประมงผี (Ghost fishing) คือ การที่เครื่องมือประมงเกิดการสูญเสียการควบคุมจากชาวประมง (Without human control) แล้วทำให้เครื่องมือประมงเหล่านั้นหลุดสูญหายไปในทะเล (Lost fishing gears) แต่ยังคงจับสัตว์น้ำได้อยู่อย่างต่อเนื่องและหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับว่าจะเป็นเครื่องมือประเภทใด เช่น ลอบ ตาข่าย เชือก ทุ่น หรือ กับดักต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งสาเหตุของการสูญเสียการควบคุมนั้นอาจมาจากหลายสาเหตุ อาทิเช่น สภาพอากาศแปรปรวนมาก เครื่องยนต์ของเรือชำรุด เกิดอุบัติเหตุเรือชนกัน หรือแม้กระทั่งการทำลายโดยฉลาม เป็นต้น ผลกระทบของการเกิดประมงผีต่อทรัพยากรทางทะเล อาทิเช่น เป็นการสูญเสียมูลค่าของสัตว์น้ำเศรษฐกิจ สัตว์น้ำที่เป็นผลพลอยได้ และรวมถึงสัตว์น้ำที่ได้รับการคุ้มครองหรือใกล้สูญพันธุ์ เป็นต้น (Matsuoka *et al*., 2005; Al-Masroori *et al*., 2009; Stelfox *et al.,* 2014, Wilcox *et al*., 2015; Goodman, 2020; Hodgson, 2022) จากการศึกษาการเกิดประมงผีจากลอบปูแบบพับได้บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดย Putsa *et al*. (2016) พบว่าสามารถจับสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ 381 ตัว (69%) และเป็นสัตว์น้ำที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ 171 ตัว (31%) จะเห็นได้ว่าในการเกิดประมงผีนั้นจะมีสัตว์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจเข้ามาและทำให้สูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยเปล่าประโยชน์

ปูม้า (Swimming crabs) อาศัยอยู่ในน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 30 เมตร (Thiansongrasami, 2008) ปูม้านับว่าเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีความต้องการของตลาดสูงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกปี สำหรับเนื้อปูม้าแกะในท้องตลาดมีราคาแตกต่างกันไปตามคุณภาพของเนื้อและฤดูกาล เช่น เนื้อก้อนจะขายได้ถึงกิโลกรัมละ 1,100 - 1,200 บาท เนื้อขาวกิโลกรัมละ 600 - 800 บาท เนื้อขากิโลกรัมละ 500 - 600 บาท และเนื้อก้ามกิโลกรัม ละ 500 - 600 บาท (Lohalaksnadech *et al.,* 2022) ปัญหาการลดลงของทรัพยากรปูม้า โดย พ.ศ. 2559 ปูม้ามีผลผลิต 31,152 ตัน จัดเป็นลำดับ 4 ของโลก รองจากจีน อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ (FAO, 2018) แต่ผลผลิตมีแนวโน้มลดลง เช่นในปี พ.ศ. 2564 จากจำนวน 36,305 ตัน ลดลงมาเหลือเพียง 23,920 ตัน ใน พ.ศ. 2553 (FAO, 2013) ซึ่งหากแนวโน้มผลผลิตเป็นเช่นนี้อีกต่อไปก็จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อชาวประมงขนาดเล็ก เนื่องจากผลผลิตปูม้าในประเทศส่วนใหญ่ได้รับจากกลุ่มชาวประมงขนาดเล็ก ในประเทศไทยนั้นมีการทำประมง

ปูม้าได้ทั่วไปในบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน โดย Department of Fisheries (2021) ได้จัดทำสถิติการประมงของประเทศไทยและรายงานว่าปริมาณการจับปูม้า (Catch) จากบริเวณอ่าวไทยและมหาสมุทรอินเดียเท่ากับ 28,544 และ 7,701 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่า (Value) เท่ากับ 5,300,176 และ 1,462,752 บาท ตามลำดับ โดยปริมาณปูที่จับได้ในจังหวัดจันทบุรีเท่ากับ 1,111 ตัน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าประมงผีทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจในหลายพื้นที่ อาทิเช่น การศึกษาประมงผีจากลอบปูแบบพับได้บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี สามารถจับได้ทั้งสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจและไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจซึ่งมีมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจประมาณ 1,982 บาท (Putsa *et al.,* 2016) และการศึกษาการเกิดประมงผีจากลอบปูม้ากลมแบบพับได้บริเวณเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำวัยอ่อนสี่หมู่บ้าน จังหวัดตรัง มีมูลค่าการสูญทางเศรษฐกิจประมาณ 863.60 บาท (Songrak *et al.,* 2018) ซึ่งมีแนวโน้มแบบเดียวกันแม้จะเป็นลอบคนละประเภทแต่ก็สามารถเกิดประมงผีและมีผลกระทบด้านเศรษฐกิจเช่นเดียวกัน สำหรับในพื้นที่การศึกษานี้ ได้เลือกบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน ซึ่งประมงพื้นบ้านนิยมทำการประมงปูม้าด้วยการใช้ลอบปูม้าแบบพับได้ อีกทั้งอ่าวคุ้งกระเบนจัดเป็นแหล่งอนุบาลของปูม้า ซึ่งชาวประมงนิยมทำการประมงด้วยลอบชนิดนี้มากก็อาจมีการสูญหายของลอบและตามด้วยการเกิดประมงผีและประกอบกับการดัดแปลงลอบที่ชาวประมงใช้ให้มีความแข็งแรงและทนทานขึ้นเมื่อเกิดการสูญหายในทะเลจึงทำให้ย่อยสลายได้ยากซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดประมงผีได้อย่างต่อเนื่อง (Putsa *et al.,* 2016) ในพื้นที่บริเวณอ่าวคุ้งกระเบนมีรายงานถึงสาเหตุการลดลงของปูม้าซึ่งเกิดจากการใช้เครื่องมือประมงที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ลอบปูแบบพับได้ซึ่งเป็นเครื่องมือประจำที่ที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดตาถี่มาก สามารถจับปูม้าได้ตั้งแต่ขนาดที่เล็กมากไปจนถึงขนาดใหญ่ รวมทั้งสัตว์น้ำพลอยได้ต่าง ๆ ด้วย จึงทำให้มีการใช้อย่างแพร่หลายเพื่อต้องการจับปูม้าให้ได้มากยิ่งขึ้นโดยขาดการวางแผนการจัดการในระยะยาว (Kunsook *et al.,* 2017)

สำหรับพื้นที่ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ บริเวณหน่วยสาธิตการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณอ่าว คุ้งกระเบน อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี มีเนื้อที่ 6.4 ตารางกิโลเมตร (4,000 ไร่) เป็นอ่าวกึ่งปิดคล้ายรูปร่างปลากระเบน บริเวณปากอ่าวเปิดออกสู่ทะเลด้านตะวันตก มีทางให้น้ำทะเลไหลเข้าออกหมุนเวียนได้เพียงทางเดียวเท่านั้นโดยกว้างประมาณ 650 เมตร ความกว้างและความยาวของอ่าวประมาณ 2.6 และ 4.6 กิโลเมตร ตามลำดับ ภายในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนมีป่าชายเลนขึ้นเป็นแนว ซึ่งในบริเวณหลังแนวป่าชายเลนนี้เป็นพื้นที่ราบลุ่มในเขตน้ำทะเลท่วมถึงซึ่งเป็นแหล่งที่ใช้เพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์น้ำตามธรรมชาติได้ด้วย ชาวบ้านที่อยู่โดยรอบในอ่าวคุ้งกระเบนและละแวกใกล้เคียงมีอาชีพประมงพื้นบ้านโดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย เช่น อวนล้อมปลา อวนจมปู และลอบปู เป็นต้น สำหรับภายในพื้นที่บริเวณหน่วยสาธิตการเลี้ยงสัตว์น้ำนี้จัดไว้เพื่อเป็นแนวเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำวัยอ่อนที่อยู่ในเขตอ่าวคุ้งกระเบน โดยที่ทางการอนุญาตให้ใช้ประโยชน์โดยการทำการประมงร่วมกันในพื้นที่ได้ซึ่งครอบคลุมตลอดในอ่าวและในแนวหญ้าทะเลซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของปูม้าขนาดต่าง ๆ และสัตว์น้ำนานาชนิด ซึ่งถ้าหากลอบปูแบบพับได้ของชาวประมงในบริเวณพื้นที่เกิดการสูญหายก็จะเกิดปัญหาการลดลงของสัตว์น้ำและการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยเปล่าประโยชน์ อีกทั้งในพื้นที่นี้ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของประมงผีจากลอบปูแบบพับได้ ดังนั้นจึงเป็นที่มาในการศึกษาผลกระทบของประมงผีจากเครื่องมือประเภทลอบ (Trap) ต่อความสูญเสียทางเศรษฐกิจบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี อีกทั้งผลการศึกษาครั้ง

นี้จะเป็นข้อมูลเพื่อประกอบการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนได้อย่างเหมาะสมเพื่อการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ศึกษาและเก็บข้อมูลบริเวณหน่วยสาธิตการเลี้ยงสัตว์น้ำภายในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี (Figure 1) โดยใช้ลอบปูพับได้แบบกล่องขนาด 36×54×19 เซนติเมตร มีทางเข้าออก 2 ทาง หุ้มด้วยเนื้อออนโพลิเอทิลีน (Polyethylene) (Figure 2a) ขนาดตาอวน 2.0 นิ้ว จำนวน 42 ลูก ภายในลอบใส่ปลาหมูสีขนาด 20 กรัม เป็นเหยื่อ ติดตั้งลอบปูโดยพายเรือออกไปวางที่ทุ่นลอยรอบหน่วยสาธิตการเลี้ยงสัตว์น้ำฯ โดยที่ระดับความลึกประมาณ 2– 3 เมตร ให้ลอบปูจมอยู่ติดกับพื้นทะเล เผื่อเชือกไว้ประมาณ 1.0-1.5 เมตร และนำไปผูกกับทุ่นลอย ทำแบบนี้ทั้ง 3 ทิศ ทิศละ 14 ลูก แต่ละลูกวางห่างกัน 3 เมตร (Figure 2b) โดยใน 7 วันแรกนั้นจะเก็บกู้ลอบทิศละ 1 ลูกต่อ 1 วัน ต่อเนื่องกันให้ครบ 7 วัน จากนั้นตั้งแต่ในสัปดาห์ที่ 2 - 8 จะเก็บกู้ลอบเพียงสัปดาห์ละครั้งในแต่ละทิศทาง เมื่อเก็บกู้ลอบขึ้นมาแล้วจะนับจำนวนสิ่งมีชีวิตที่เข้าลอบ (Entrap) จัดจำแนกชนิดตามวิธีของ Chammason and Phenpraphai (2020), Department of Marine and Coastal Resources (2021) และ Ratmuangkhwang (2018) วัดขนาดความยาว ชั่งน้ำหนัก และบันทึกสภาพของสัตว์น้ำที่ติดอยู่ในลอบทั้งหมดและถ่ายรูปประกอบด้วย จากนั้นจะปล่อยสัตว์น้ำคืนสู่ธรรมชาติเพราะบริเวณที่ศึกษาเป็นเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำ

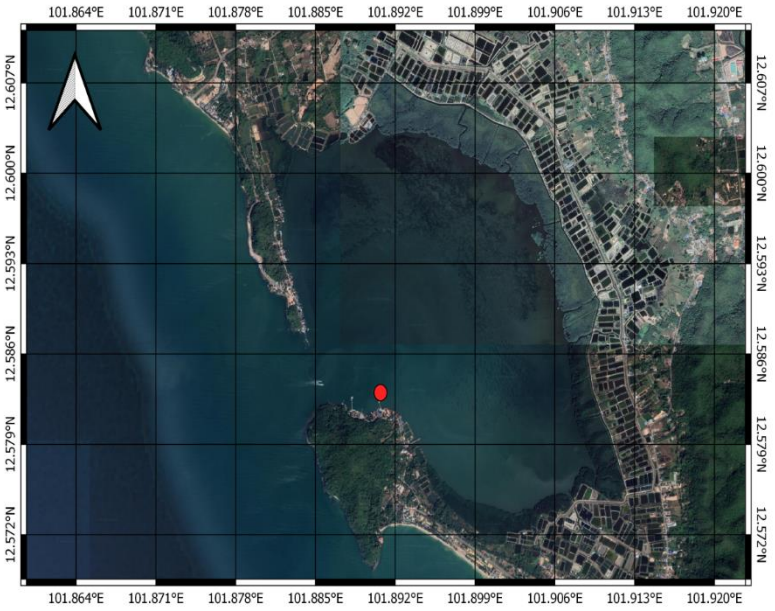
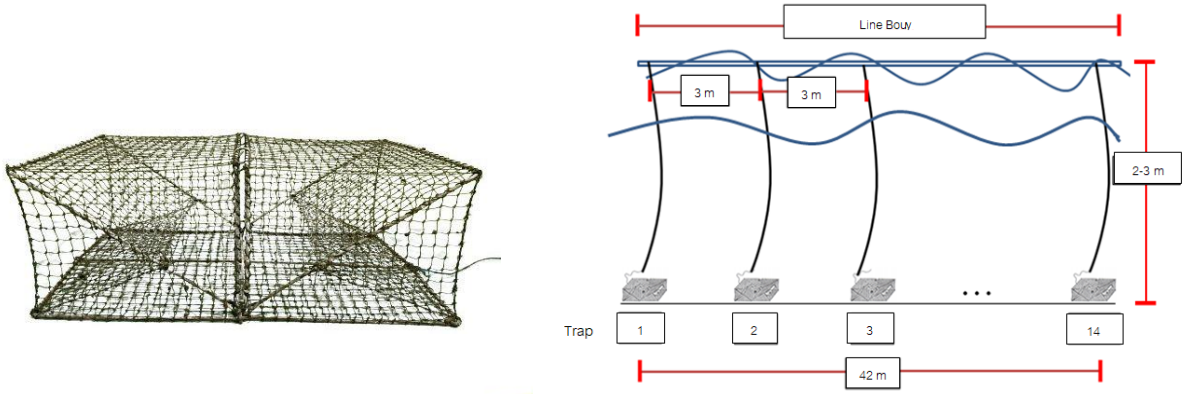


Figure 1 Map of the study area (•) in Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province, Thailand.



(a) (b)

Figure 2 (a) Collapsible crab trap obtained from local fishers 36 x 54 x 19 cm.; (b) A set of collapsible crab trap in this study.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ศึกษาความแตกต่างของลอบที่เกิดและไม่เกิดประมงผี ด้วยการวิเคราะห์สถิติจาก T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) อัตราการจับสัตว์น้ำ (Songrak *et al*., 2018)

$$\text{อัตราการจับสัตว์น้ำ (กรัม/ลอบ/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักของสัตว์น้ำที่จับได้ (กรัม)}}{\text{จำนวนลอบ x จำนวนวันที่ทำการประมง}}$$

3) มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจของสัตว์น้ำ (Songrak *et al*., 2018)

$$\text{มูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจ (บาท/ลอบ)} = \frac{\text{น้ำหนักของสัตว์น้ำ (กรัม) x ราคาขาย (บาท)}}{1000}$$

4) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความกว้างกระดองของปูม้า ที่เข้าลอบมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ Ricker (1973) ตามสมการ

$$W = qL^b$$

โดยที่ W = น้ำหนักปูทะเล (กรัม)

L = ความกว้างกระดองปูทะเล (เซนติเมตร)

q, b = ค่าคงที่

5) ศึกษาทิศทางที่สัตว์น้ำเข้าลอบ ทำการตรวจสอบการกระจายของน้ำหนักปูม้าที่ได้จากประมงผีด้วย Shapiro-Wilk Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ถ้าน้ำหนักปูม้าที่ได้จากประมงผีมีการกระจายตัวปกติ จะทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักปูม้าที่ได้จากประมงผีต่อทิศทางที่ปูเข้าลอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคู่ของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple

Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ถ้าน้ำหนักปูม้าที่ได้จากประมงผีมีการกระจายตัวไม่ปกติ จะทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักปูม้าที่ได้จากประมงผีต่อทิศทางที่ปูเข้าลอบด้วยวิธี Kruskal-Wallis Rank Sum Test และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคู่ของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Bonferroni ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1.สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของลอบที่เกิดประมงผีกับไม่เกิดประมงผี

จากลอบที่ทำการศึกษาทั้งหมด 42 ลูก พบว่ามีลอบที่สามารถจับสัตว์น้ำได้ทำให้เกิดเป็นประมงผีโดยลอบที่อยู่ทิศตะวันออก (East) ทิศเหนือ (North) และทิศตะวันตก (West) จำนวน 12, 11 และ 10 ลูก ตามลำดับ รวมลอบที่เกิดประมงผีทั้งสิ้น 33 ลูก (78.57%) และนอกจากนี้ยังมีลอบที่จับสัตว์น้ำไม่ได้จึงไม่ทำให้เกิดเป็นประมงผี โดยเป็นลอบที่ถูกวางอยู่ทางทิศตะวันออก ทิศเหนือและทิศตะวันตกจำนวน 2, 3 และ 4 ลูก ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีจำนวนลอบที่ไม่เกิดประมงผีเท่ากับ 9 ลูก (21.43%) (Figure 3) ซึ่งจากการศึกษาทำให้ทราบว่าลอบปูที่หลุดหายไปในทะเล (Lost crab trap) โดยสูญเสียการควบคุมนั้นถึงแม้จะมีเหยื่ออยู่ในลอบก็ตามแต่ก็ไม่ใช่ลอบปูทุกลูกจะเกิดเป็นประมงผีได้ (Ghost fishing) ซึ่งอาจมีสาเหตุดังนี้ 1) ลอบปูมีการชำรุด เช่น การขาดของอวนส่งผลให้รูอวนมีขนาดใหญ่จึงทำให้สัตว์น้ำหนีออกจากลอบได้ 2) ลอบปูที่จมอยู่ในพื้นทะเลบริเวณที่เป็นโคลนตมก็ไม่สามารถดักจับสัตว์น้ำได้ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย T-Test พบว่าการที่ลอบปูสูญเสียการควบคุมจากชาวประมงแล้วเกิดการสูญหายไปในทะเลนั้นจะมีโอกาสในการดักจับสัตว์น้ำให้เข้ามาในลอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Putsa *et al.* (2016) พบว่า ลอบที่เกิดประมงผีทำให้สัตว์น้ำเข้ามาติดโดยที่สัตว์น้ำที่สามารถลอดออกมาจากลอบได้คิดเป็นจำนวนน้อยและสัตว์น้ำบางส่วนถ้าไม่ถูกจับก็จะตายอยู่ในลอบนั้น จากการศึกษาของ Putsa et al. (2013) พบว่า เครื่องมือลอบปูม้าที่หลุดหายในทะเลมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำเป็นเวลามากกว่า 1 ปี

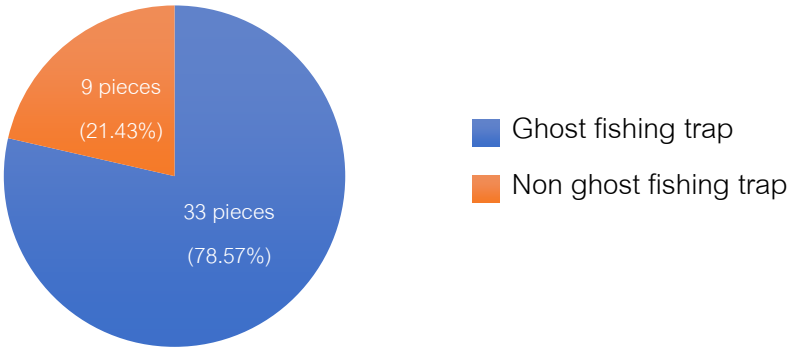


Figure 3 The percentage of ghost fishing and non-ghost fishing in this study.

2.อัตราการจับสัตว์น้ำ

ในช่วงระยะเวลา 7 วันแรกของการศึกษา พบว่ามีอัตราการจับสัตว์น้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 52.79 กรัม/ลอบ/วัน หลังจากนั้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ถึงสิ้นสุดการศึกษา (8 สัปดาห์) พบว่ามีอัตราการจับสัตว์น้ำลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ 7 วันแรก โดยจับสัตว์น้ำได้เฉลี่ย 4.77 กรัม/ลอบ/วัน ซึ่งอาจมาจากสาเหตุเหยื่อที่ใช้หลอก

ล่อปูม้าหมด หรือการดึงดูดกลิ่นเพื่อให้ปูม้าเข้ามาในลอบลดน้อยลง จึงได้ปูม้าลดน้อยลง แต่ก็มีสัตว์น้ำพลอยได้ชนิดอื่นๆ ติดเข้ามาในลอบปูจึงทำให้เกิดการสูญเสียดังกล่าว (Figure 4)

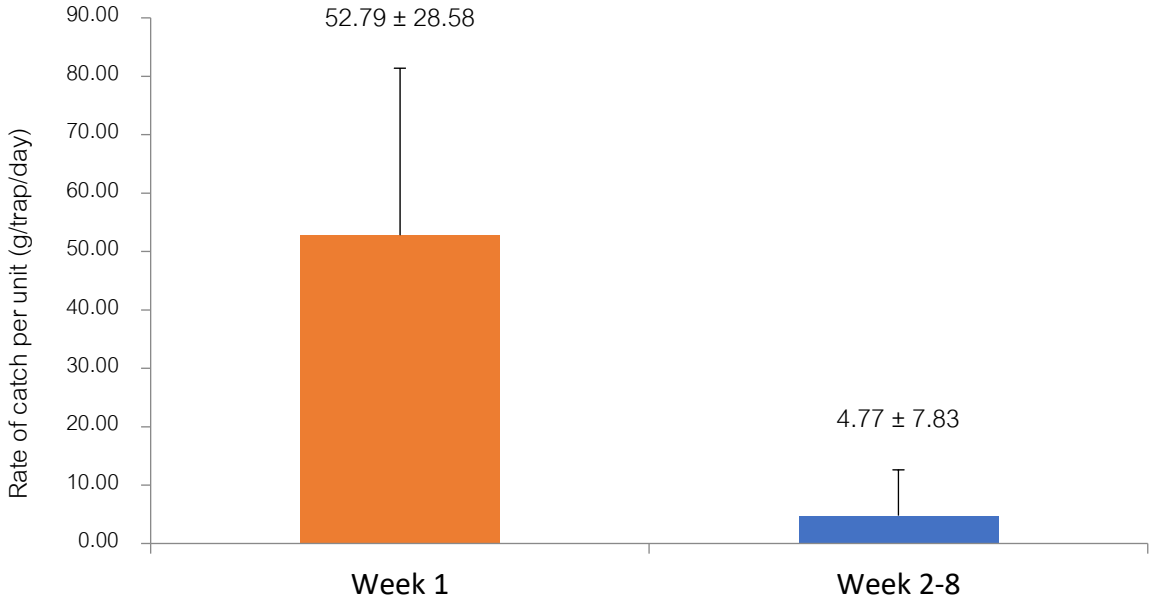


Figure 4 Rate of catch in collapsible crab trap at day 7 (Wk.1) and 52 (Wk.2-8) on this study.

ผลการศึกษาพบว่า อัตราการจับสัตว์น้ำในช่วงแรกจะสูงกว่าในช่วงหลัง อาจเนื่องมาจากเมื่อเวลาผ่านไปเหยื่อที่ใส่ในลอบเริ่มหมดภายในสัปดาห์แรก ทำให้การดึงดูดสัตว์น้ำให้เข้าลอบจึงลดลง และลอบปูนั้นจะเกิดการชำรุดและสูญเสียรูปทรงของลอบทำให้ไม่สามารถกักหรือจับสัตว์น้ำได้ส่งผลให้จับสัตว์น้ำได้ลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Songrak *et al.* (2018) ที่พบว่าลอบปูที่เกิดประมงผีหลังจากผ่านไปหนึ่งสัปดาห์แล้วมีชนิดและจำนวนของสัตว์น้ำที่เข้าในลอบมีจำนวนลดต่ำลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Putsa *et al.* (2016) ที่ศึกษาประมงผีจากลอบปูแบบพับได้ พบว่าอัตราการจับสัตว์น้ำเฉลี่ยต่อลอบ (CPUE) มีแนวโน้มที่สูงในช่วงแรกของการศึกษาและจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระยะเวลาผ่านไปนานมากขึ้น

3.ชนิด และปริมาณของสัตว์น้ำที่ถูกดักจับจากลอบปูที่เกิดประมงผี

พบว่ามีสัตว์น้ำที่เข้าลอบรวม 60 ตัว ประกอบด้วย 11 ชนิด โดยพบว่า สัตว์น้ำประเภทปูถูกจับได้มากที่สุด โดยมีจำนวน 42 ตัว พบทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) ปูหินก้ามฟ้า (*Thalamita crenata*) และปูใบ้ก้ามดำ (*Myomenippe hardwickii*) มีจำนวนการถูกจับอยู่ที่ 14, 13 และ 13 ตัว ตามลำดับ รองลงมาเป็นสัตว์น้ำประเภทปลาที่ถูกจับได้จำนวน 13 ตัว พบทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ปลาสลิดหินแขก (*Siganus javus*) ปลาเก๋าดอกแดง (*Epinephelus coioides*) ปลาสลิดทะเลจุดขาว (*Siganus canaliculatus*) ปลาวัวหางพัด (*Monacanthus chinensis*) ปลาอุบ (*Batrachomoeus trispinosus*) และปลาปักเป้ากล่องเหลืองจุดดำ (*Ostracion cubicus*) มีจำนวนการถูกจับอยู่ที่ 4, 3, 3, 1, 1 และ 1 ตัว ตามลำดับ อีกทั้งยังพบสัตว์ทะเลจำพวก

ปูไม่จริง เช่น ปูเสฉวนขาส้ม (*Clibanarius infraspinatus*) และสัตว์ทะเลที่มนุษย์ไม่สามารถบริโภคได้คือ แมงดาถ้วย (*Carcinoscorpius rotundicauda*) ที่ถูกดักจับจำนวน 1 และ 4 ตัว ตามลำดับ (Figure 5) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าสัตว์น้ำชนิดเด่นได้แก่ ปูม้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kunsook *et al.* (2017) ศึกษาลอบปูม้าในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพขนาดตาอวนของลอบปู พบว่าลอบปูที่มีขนาดตา 2.0 นิ้ว สามารถจับปูม้าได้ในอัตราส่วนที่ สูงที่สุด คือ 48 ตัว จากสัตว์น้ำทั้งหมด 126 ตัว และ ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Songrak *et al.* (2018) ที่ศึกษาการเกิดประมงผีจากลอบปูกลมแบบพับได้ที่บริเวณเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำวัยอ่อนสี่หมู่บ้าน จังหวัดตรัง พบว่าสัตว์น้ำในกลุ่มปูทะเลที่ถูกดักจับเข้าลอบปูมากที่สุดคือ ปูหิน (*Charybdis natator*) และปูม้า (*P. pelagicus*)

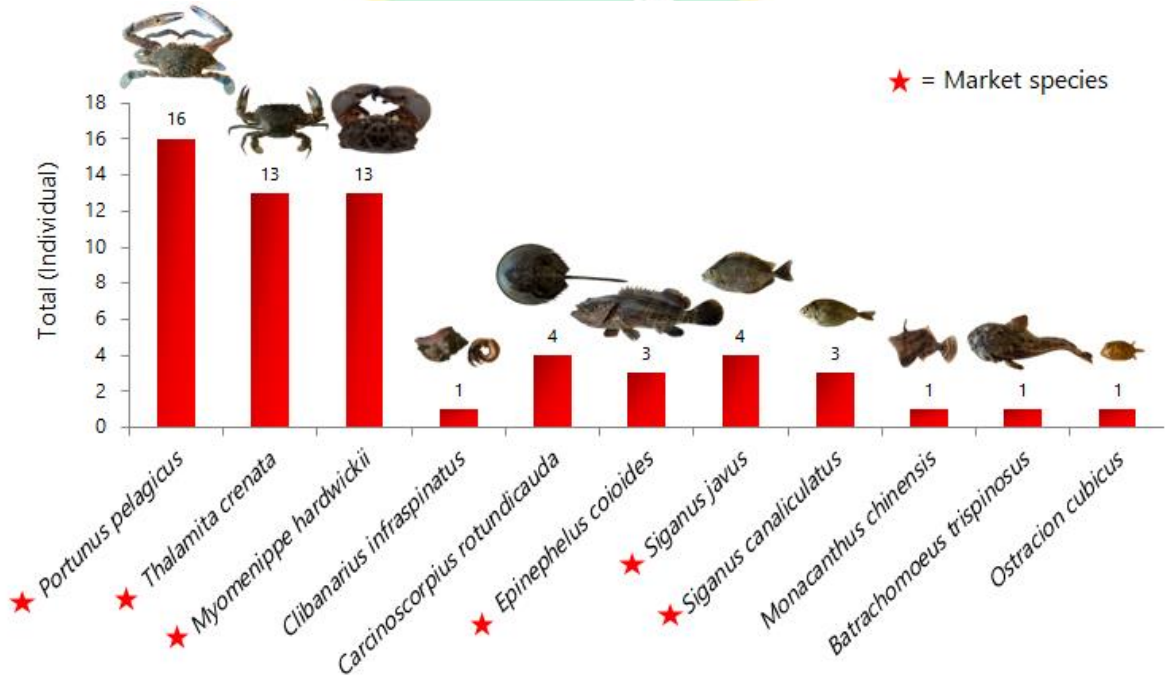


Figure 5 Types of aquatic animals that enter the crab poaching from 25 January – 17 March 2021

4.สัดส่วนสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ และไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาพบว่า สัตว์น้ำที่ถูกดักจับมีทั้งสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Marketable value) และไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Non-marketable value) ซึ่งสัตว์น้ำที่มูลค่าทางเศรษฐกิจมีจำนวนสัตว์น้ำที่จับได้อยู่ที่ 52 ตัว คิดเป็น 86.67% และสัตว์น้ำที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมีจำนวนสัตว์น้ำที่จับได้อยู่ที่ 8 ตัว คิดเป็น 13.33% (Figure 6) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Putsa *et al.* (2016) และงานวิจัยของ Songrak *et al.* (2018) ที่พบว่าลอบที่เกิดประมงผีจะมีสัดส่วนการดักจับสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงกว่าสัตว์น้ำที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ

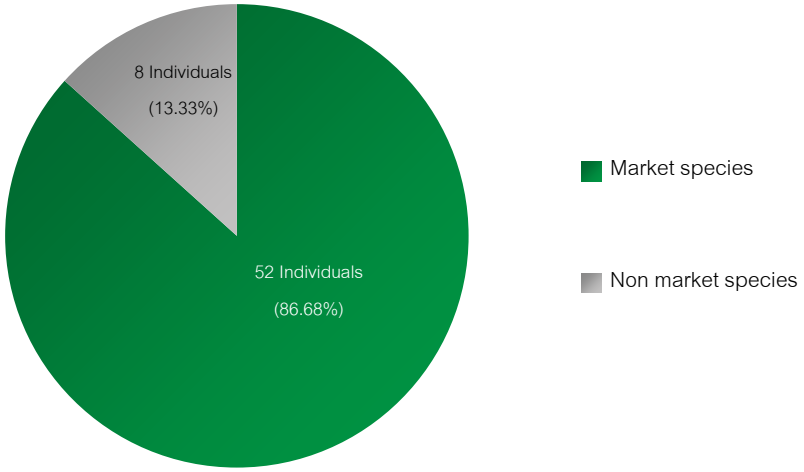


Figure 6 Compare aquatic animals with market species and non market species.

5.มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากประมงผี

อ้างอิงราคาจำหน่ายสัตว์น้ำจากการสำรวจที่ตลาดจันทรสวัสดิ์ ตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เพื่อมาคำนวณมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจของประมงผีที่เกิดจากลอบปูแบบพับได้ พบว่า ปูม้า ปูใบ้ก้ามดำ ปูหินก้ามฟ้า ปลาเก๋าดอกแดง ปลาสลิดหินแขก และปลาสลิดทะเลจุดขาว มีราคาอยู่ที่ 300, 50, 50, 120, 60 และ 60 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 1) สัตว์น้ำที่มีมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจมากที่สุดคือ ปูม้า มีมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจทั้งสิ้น 401.84 บาท โดยที่ปูม้าที่ถูกจับนั้นอาจรวมถึงปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดองซึ่งสามารถขยายพันธุ์ลูกปูม้าได้เป็นจำนวนมาก ดังนั้นถ้าพิจารณาประเด็นนี้จึงพบว่าเป็นการสูญเสียที่ประเมินมูลค่าไม่ได้ต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศ สำหรับภาพรวมของสัตว์น้ำเศรษฐกิจทั้งหมดที่จับได้ มีมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจอยู่ที่ 591.46 บาท หรือ 98.85 บาท/ลอบ/ปี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Putsa *et al.* (2016) ที่รายงานว่ามูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจเท่ากับ 165 บาท/ลอบ/ปี และงานวิจัยของ Songrak *et al.* (2018) ที่พบว่าลอบที่เกิดประมงผีนั้นดักจับสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจและประมาณมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สูญเสียไป 103.01 บาท/ลอบ/ปี

Table 1 Value of economic loss of aquatic animals from crab poaching that occurs in ghost fishing.

Scientific name	Thai common name	Weight (g)	Price (Baht/kg)	Value (Baht)
Portunus pelagicus	ปูม้า	1,339.46	300	401.84
Myomenippe hardwickii	ปูใบ้ก้ามดำ	1,423.25	50	71.16
Thalamita crenata	ปูหินก้ามฟ้า	593.88	50	29.69
Epinephelus coioides	ปลาเก๋าดอกแดง	633.94	120	76.07
Siganus javus	ปลาสลิดทะเลจุดขาว	177.65	60	10.66
Siganus canaliculatus	ปลาสลิดหินแขก	33.92	60	2.04
	Total			591.46

Value = (Weight * Price)/1000

6.จำนวนปูม้าที่เกิดจากประมงผีในแต่ละทิศทาง

ในการศึกษาครั้งนี้ วางลอบปูแบบพับได้ใน 3 ทิศ คือ ทิศตะวันออก ทิศเหนือ และทิศตะวันตก นำจำนวนปูม้าที่เกิดจากประมงผีในแต่ละทิศทางมาวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลด้วย Shapiro-Wilk normality test พบว่าจำนวนปูม้าที่เกิดจากประมงผีในแต่ละทิศทางมีการกระจายแบบไม่ปกติ ($p<0.05$) จึงทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของจำนวนปูม้าที่เกิดจากประมงผีในแต่ละทิศทางด้วยวิธี Kruskal-Wallis Rank Sum Test พบว่าจำนวนปูม้าที่เกิดจากประมงผีในแต่ละทิศทางมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยลอบที่วางในทิศตะวันออก ทิศเหนือ และทิศตะวันตก มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปูม้าเท่ากับ 107.11 ± 18.14, 81.32 ± 9.07 และ 79.12 ± 10.48 กรัม ตามลำดับ (Figure 7) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปูม้าสามารถเข้าลอบประมงผีได้ทุกทิศทาง โดยเฉพาะในพื้นที่อ่าวคุ้งกระเบนที่เป็นพื้นที่ที่มีการทำการประมงปูม้า เนื่องจากบริเวณนี้ที่มีการอนุรักษ์ และส่งเสริมการปล่อยลูกปูม้าลงสู่ทะเล เพื่อสร้างรายได้ให้กับประมงพื้นบ้าน

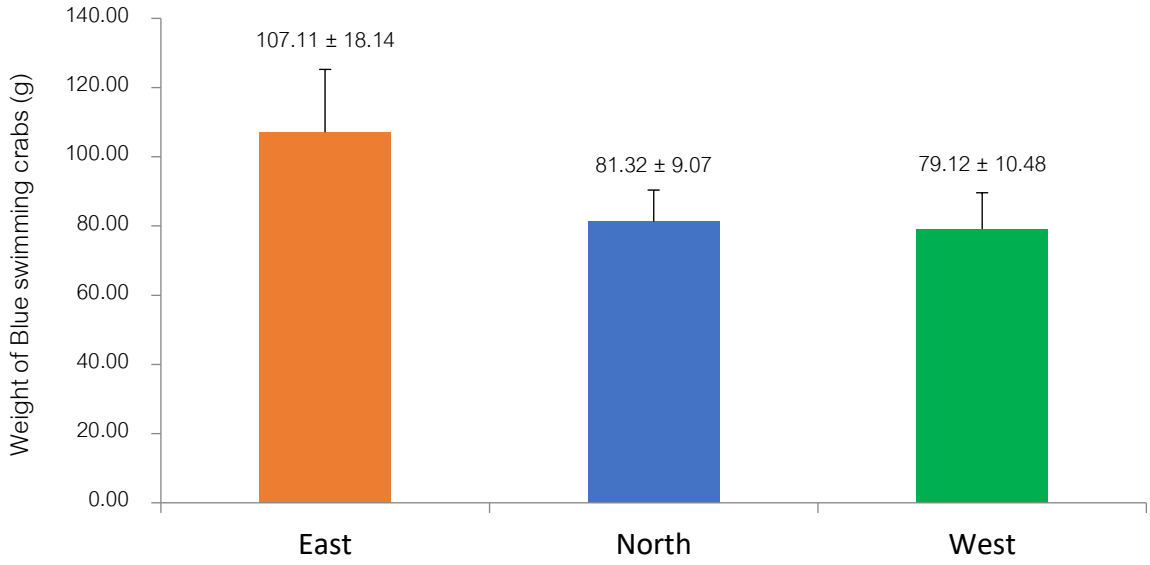


Figure 7 Weight of blue swimming crabs caught in ghost fisheries in the study area of Kung Krabaen Bay.

7.ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความกว้างกระดองของปูม้าที่เกิดจากประมงผี

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองกับน้ำหนักของปูม้า (Carapace width -Weight Relationship) พบว่า สมการความสัมพันธ์เท่ากับ $W = 0.045 * CW^{3.1917}$ หรือ $\log (W) = -3.1002 + 3.1917 \log(CW)$ โดยที่ W = น้ำหนักของปูม้า, CW = ความกว้างกระดองของปูม้า (Figure 8) การเจริญเติบโตของปูม้าเป็นแบบ allometric ซึ่งตลอดระยะเวลาการศึกษาพบว่า ปูม้าที่เกิดจากประมงผีโดยส่วนใหญ่มีความกว้างของกระดองปูอยู่ระหว่าง 10 - 11 เซนติเมตร และมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 75 – 90 กรัม ซึ่งจะเห็นว่าปูม้าที่เกิดจากประมงผีนี้จัดว่าเป็นขนาดกลางซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Songrak *et al.* (2018) ที่พบว่าความกว้างของกระดองด้านนอกของปูอยู่ในช่วง 7.12 – 11.19 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดปูม้าประมาณ 8 – 12 ตัว/กิโลกรัม จัดว่าเป็นขนาดตามความต้องการของตลาด และนอกจากนั้นมีการทำการศึกษาในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนของ Kunsook *et al.* (2018) ที่ศึกษาการกระจายความถี่ของความกว้างกระดองปูม้าบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2559 พบว่า ขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ยของปูม้าทั้งสองเพศที่พบมากที่สุดอยู่มีค่าเท่ากับ 8.65 ± 1.85 เซนติเมตร ซึ่งจัดว่าเป็นระยะตัวเต็มวัยแล้ว

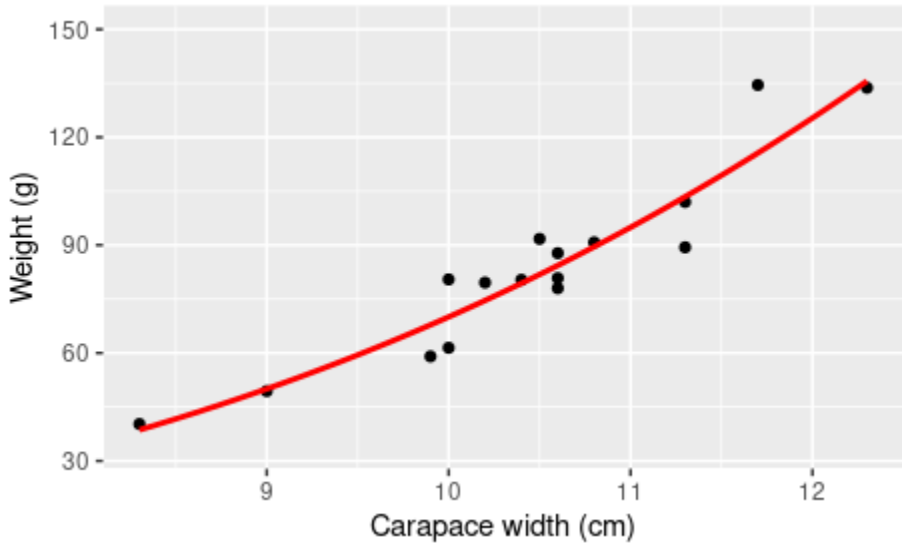


Figure 8 Carapace width -Weight Relationship: Carapace width and weight of blue swimming crabs.

สรุปผลการศึกษา

การที่ลอบปูชนิดสี่เหลี่ยมแบบพับได้เกิดการสูญหายในทะเล (Lost crab trap) พบว่าเป็นสาเหตุทำให้เกิดการดักจับสัตว์น้ำเข้าลอบจึงทำให้เกิดประมงผี (Ghost fishing) มากกว่าลอบปูที่ไม่มีการดักจับสัตว์น้ำเข้าลอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ลอบปูชนิดสี่เหลี่ยมแบบพับได้มีการดักจับสัตว์น้ำทั้งที่มีและไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ แต่สัดส่วนสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมีค่าสูงกว่าสัตว์น้ำที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ สำหรับสัตว์น้ำที่มีปริมาณที่จับได้มากที่สุดและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงที่เกิดประมงผีได้แก่ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยปูม้าสามารถเข้าลอบปูที่เกิดประมงผีได้ทุกทิศทาง และพบว่าปูม้าที่เกิดจากประมงผีมีช่วงความกว้างของกระดองปู 10 - 11 เซนติเมตร และมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 75 – 90 กรัม อีกทั้งพบว่าลอบปูชนิดสี่เหลี่ยมแบบพับได้เมื่อเกิดประมงผีบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี มีมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจอยู่ที่ 591.46 บาท หรือ 98.85 บาท/ลอบ/ปี

จากข้อมูลการศึกษาพบว่า เมื่อลอบได้เกิดการสูญหายและทำให้เกิดประมงผีจะส่งผลเสียต่อจำนวนของสัตว์น้ำที่มีแนวโน้มลดลงในทุก ๆ ปี และมีการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติให้ยั่งยืนในพื้นที่นี้ต่อไป โดยมีแนวทางในการลดการเกิดประมงผีได้ เช่น การทำการประมงอย่างระมัดระวังในช่วงฤดูมรสุมที่อาจเกิดการสูญหายของลอบได้ง่าย การเพิ่มขนาดตาอวนเพื่อเพิ่มโอกาสที่สัตว์น้ำเมื่อหลุดเข้าลอบจากการประมงผีจะมีโอกาสหลุดรอดได้มากขึ้น การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเพื่อติดตามเครื่องมือประมง และการส่งเสริมการใช้ลอบที่มีช่องทางการหนีออกของสัตว์น้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่การศึกษา และขอบคุณ คุณอภิชิต ศรมงคล ที่เก็บช่วยกู้ลอบปู

เอกสารอ้างอิง

Al-Masroori, H.S., Al-Oufi, H. and McShane, P. 2009. Causes and mitigations on trap ghost fishing in Oman: Scientific Approach to Local Fishers' Perception. Fisheries and Aquatic Science. 4(3): 129–135.

Chammason, O and Phenpraphai, P. 2020. Fishes of inner Gulf of Thailand caught by research vessel 2. Marine Fisheries Research and Development Division, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 130 p. [in Thai]

Department of Fisheries. 2021. Fisheries statistics of Thailand. Ministry of agriculture and cooperatives. No. 14/2021. 84 p. [in Thai]

Department of Marine and Coastal Resources. 2021. Estuarine Fishes of Inner Gulf of Thailand. 235 p. [in Thai]

FAO. 2013. FishStat Plus – Universal software for fishery statistical time series. Available source: http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en. Retrieved 25 August 2014.

FAO. 2018. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2016. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2018. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en.

Goodman, A. J. 2020. State of abandoned, lost and discarded fishing gear in the Canadian Maritimes (East Coast). Fishing gear coalition of Atlantic Canada. [Report]. https://fgcac.org/wp-content/uploads/2020/09/WWF_20200615_FGCAC_GhostGearReport_8-5x11_FP_HighRes.pdf

Hodgson, S. 2022. Legal aspects of abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. Rome, FAO and IMO. [Report]. https://doi.org/10.4060/cb8071en

Kunsook, C., Krinthanyakit, W., Khamphan, N., Sararat, L., Pornpen, S., Sudarat, K. and Dumrongrojwatthana, P. 2018. Stock Assessment of Blue Swimming Crab Portunus pelagicus (Linnaeus, 1758) for Sustainability of Fishery Improvement Project at Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province. Rajabhat Rambhai Barni Research Journal. 12 (3): 15 – 29. [in Thai]

Kunsook, C., Sangpaiboon, P., Bhudtharak, S., Sangsri, P. and Kathinsri, S. 2017. Comparative in effective of mesh size of collapsible crab trap to Blue Swimming Crab fishery at Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province. Burapha Science Journal. 22 (4): 96–109. [in Thai]

Lohalaksnadech, L., Nitiratsuwan, T., Lohalaksnadech, D., Kachenpakdee, N., Ampha, O., Ngamphongsai, C. and Pradit S. 2022. Development and safety of Blue Swimming crab for agriculture commodity standard. Final Report. No. CRP6405031740, Agricultural Research Development Agency (Public Organization), 143 p. [in Thai]

Matsuoka, T, Nakashima, T, Nagasawa, N. 2005. A review of ghost fishing: scientific approaches to evaluation and solutions. Fisheries Science. 71: 691-702.

Putsa, S., Boutson, A. and Tunkijjanukij, S. 2013. Ghost fishing experiment of collapsible crab trap; the impacts on species and economic loss, Si Racha Bay, Chon Buri Province. The 53rd Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand, 3–8 February 2013: 1350–1358. [in Thai]

Putsa, S., Boutson, A., and Tunkijjanukij, S. 2016. Comparison of ghost fishing impacts on collapsible crab trap between conventional and escape vents trap in Si Racha Bay, Chon Buri province. Agriculture and Natural Resources, 50: 125-132.

Ratmuangkhwang, S. 2018. The common aquatic fauna of Kampuan mangrove forest, Ranong Province. 200 p. [in Thai]

Ricker, W. F. 1973. Linear regression in fishery research. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 30: 409-434.

Songrak, A., Aeidsongkhram, T., Nuchoo, S. and Taweedet, A., Supit, N. and Anantasuk, R. 2018. Impacts on species and economic loss of ghost fishing on collapsible vertical crab trap in the aquatic larvae conservation area of four villages, Trang Province. Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. 37 (Special issue): 65–74. [in Thai]

Stelfox, M.R., Hudgins, J.A. and Anderson, R.C. 2014. High mortality of Olive Ridley turtles (Lepidochelys olivacea) in ghost nets in the central Indian Ocean. IOTC-2014-WPEB10-28, Yokohama, Kanagawa, Japan.

Thiansongrasami, B. 2008. Decode the blue crab. The Thailand Research Fund. 192 p. [in Thai]

Wilcox, C., Heathcote, G., Goldberg, J., Gunn, R., Peel, D. and Hardesty, B.D. 2015. Understanding the sources and effects of abandoned, lost, and discarded fishing gear on marine turtles in northern Australia. *Conservation Biology*, *29*(1), 198–206. http://www.jstor.org/stable/24481590

JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

(J. Fish. Tech. Res.)

ISSN 1905-7393

ISSN Online 2730-146X

Organizer Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai

Honorable Consultants Maejo University President

Maejo University Vice President for Research

Dean of the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources

Editor-in Chief Assoc. Prof. Dr. Chanagun Chitmanat Maejo University

Editorial Board:

Prof. Dr. Tuanthong Jutagate	Ubonratchatani University
Assoc. Prof. Dr. Bundit Yungsoi	Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Samnao Saowakoon	Rajamangala University of Technology Isan
Assoc. Prof. Dr. Pongsak Luadee	Prince of Songkla University
Assoc. Prof. Dr. Niwooti Wangchai	Maejo University
Asst. Prof. Dr. Chayakorn Pumas	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Naraid Suanyuk	Prince of Songkla University
Asst. Prof. Dr. Sansanee Wangvoralak	Kasetsart University

Editorial Secretary: Asst. Prof. Dr. Sudapron Tongsiri Maejo University

Journal of Fisheries Technology Research is a publication of the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chinag Mai and released 2 issues a year on January-June and July-December. The policy is intended to make available the results of technical work in the fisheries, aquaculture, aquatic resources and related biological sciences.

Contact Address

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

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

จริยธรรมการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทหน้าที่ของผู้เขียน (Duties of Authors)

1. ผลงานบทความที่ผู้เขียนต้องการตีพิมพ์ต้องเป็นงานวิจัยใหม่ ไม่เคยตีพิมพ์ซ้ำซ้อน และเผยแพร่ที่ใดมาก่อน รวมถึงไม่อยู่ในกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในสิ่งตีพิมพ์อื่น ๆ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. ผู้เขียนต้องไม่คัดลอกผลงานและข้อความของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง หากมีการนำผลงานของผู้อื่นมาอ้างอิงในผลงานตนเอง ต้องมีการอ้างอิงทุกครั้ง และต้องจัดทำการอ้างอิงในรูปแบบที่วารสารกำหนด
3. ผู้เขียนต้องจัดทำรูปแบบการเขียนบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบที่ทางวารสารกำหนด
4. ผู้เขียนต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น ไม่ใช้ข้อมูลเท็จ ปลอมแปลง บิดเบือน และตกแต่งข้อมูลเพื่อนำมาเขียนบทความ
5. หากบทความเป็นงานวิจัยในคนหรือสัตว์ทดลอง ผู้เขียนต้องตรวจสอบให้แน่ชัดว่า ได้ดำเนินการตามตามหลักจริยธรรม กฎหมายและข้อบังคับ รวมทั้งแนบหนังสือรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์ทดลองมาพร้อมต้นฉบับ
6. ผู้เขียนควรระบุแหล่งทุนในการทำวิจัย (ถ้ามี) ในบทความต้นฉบับให้ชัดเจน
7. รายชื่อผู้เขียนที่ปรากฏในบทความ ต้องได้รับความเห็นชอบและเป็นผู้ที่มีส่วนในงานจริง
8. เนื้อหา รูปภาพ ในบทความถือเป็นข้อคิดเห็น และความรับผิดชอบของผู้เขียนโดยตรง

บทบาทและหน้าที่ของกองบรรณาธิการวารสาร (Duties of Editors)

1. พิจารณา ตรวจสอบและควบคุมความเหมาะสมของทุกบทความเพื่อให้มีคุณภาพความสมบูรณ์และความถูกต้องทางวิชาการ เพื่อตีพิมพ์ในวารสาร
2. ดำเนินกระบวนการในการตีพิมพ์บทความตามวัตถุประสงค์และมาตรฐานทางวิชาการของวารสารอย่างชัดเจน
3. ชี้แจงหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบประเมินบทความแก่ผู้เขียนทุกขั้นตอน
4. ดำเนินกระบวนการเพื่อให้วารสารสามารถตีพิมพ์ตามกำหนดเวลา
5. ดำเนินการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธบทความในการตีพิมพ์ในวารสาร
6. เตรียมช่องทางให้ผู้เขียนให้ความคิดเห็น ในกรณีมีความเห็นแตกต่างกับความเห็นของบรรณาธิการ

7. พิจารณาตรวจสอบการคัดลอกผลงาน และการตีพิมพ์ไม่ซ้ำซ้อนในวารสารอื่น ๆ หากพบว่ามีการคัดลอกผลงานในกระบวนการประเมินบทความ กระบวนการจะหยุดลงเพื่อขอคำชี้แจงจากผู้เขียน ในการพิจารณาตอบรับหรือปฏิเสธในการตีพิมพ์ต่อไป
8. กรณีการเปลี่ยนแปลงบรรณาธิการ บรรณาธิการรายใหม่ต้องไม่เปลี่ยนแปลงการตัดสินใจเกี่ยวกับบทความที่บรรณาธิการคนก่อนตอบปฏิเสธไปแล้ว ยกเว้นมีการพิสูจน์ที่เหมาะสม
9. ปฏิบัติหน้าที่ด้วยความยุติธรรม ปราศจาคอคติ ความลำเอียงแก่บทความทุกเรื่อง มีการปกป้องข้อมูลส่วนตัวของผู้เขียน และผู้ประเมินบทความเป็นความลับ แก่บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงการประเมินบทความ
10. ต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน หรือมีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่นำบทความไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ไม่แก้ไข เปลี่ยนแปลงเนื้อหาบทความและผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมิน (Duties of Reviewers)

1. ควรมีส่วนช่วยพัฒนาคุณภาพของบทความต้นฉบับ ให้มีคุณภาพเป็นไปตามตามหลักวิชาการ มีความยุติธรรม ปราศจาคอคติ ความคิดเห็นส่วนตัว และสามารถตรวจสอบได้
2. ไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความแก่บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาการประเมินบทความ
3. ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนบทความ
4. หากมีข้อสงสัยว่าบทความที่ทำการประเมินมีการคัดลอกผลงานอื่น หรือซ้ำซ้อนกับที่ได้ประเมินในวารสารอื่นต้องแจ้งต่อบรรณาธิการทันที
5. ประเมินตามกรอบระยะเวลาที่กำหนด
6. พิจารณาบทความเฉพาะในสาขาที่ตนมีความเชี่ยวชาญเท่านั้น
7. ผู้ประเมินบทความต้องได้รับการปกป้องข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมิน

ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ

อนุสนธิตามประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๒๒ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๕ ได้แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ไปแล้ว นั้น

เพื่อให้การตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการสำหรับตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงให้ยกเลิกประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๒๒ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๕ และแต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน
๒. ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ
๓. ศาสตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล
๔. ศาสตราจารย์ ดร.สายสมร ลำยอง
๕. ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร
๖. ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง
๗. รองศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร เฉลิมวัฒน์
๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ครศร ศรีกุลนาถ
๙. รองศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร บุญมาก
๑๐. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.จงกล พรมยะ
๑๑. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ฉัตรมงคล สุวรรณภูมิ
๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส
๑๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย โขนงนุช
๑๔. รองศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ
๑๕. รองศาสตราจารย์ ดร.ชลี ไพบูลย์กิจกุล
๑๖. รองศาสตราจารย์ ดร.ชโลบล วงศ์สวัสดิ์
๑๗. รองศาสตราจารย์ ดร.ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์
๑๘. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล
๑๙. รองศาสตราจารย์ ดร.ธำรงค์ อมรสกุล
๒๐. รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิลป์ ผลพันธ์ทิน
๒๑. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ปะนาเส
๒๒. รองศาสตราจารย์ ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์
๒๓. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร

๒๔. รองศาสตราจารย์...

๒๔. รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา แดงปรก
๒๕. รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ หวังเจริญ
๒๖. รองศาสตราจารย์ ดร.วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล
๒๗. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วันชัย วรวัฒนเมธีกุล
๒๘. รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย
๒๙. รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี
๓๐. รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ชูโชติ
๓๑. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภมิตร เมฆฉาย
๓๒. รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ดุลจินดาชบาพร
๓๓. รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์ สาวกูล
๓๔. รองศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง พงษ์เจริญกิจ
๓๕. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.สุรชัย พิกุลแก้ว
๓๖. รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์
๓๗. รองศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร สีตะพันธุ์
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจน์ทินกร
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตชล ผลารักษ์
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยง รุจจนเวท
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญยุทธ สุดทองคง
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารชาต์ เทียมเมือง
๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัชพงศ์ ชูศรี
๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ซ่วนยุก
๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสรา กิจเจริญ
๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ มะแห
๕๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ
๕๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี แก้วเนิน
๕๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาขวัญ ทองรักษ์
๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุฒิยา รัตนศิริวัฒน์
๕๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพเยาว์ คบพิมาย
๕๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธพงษ์ สังข์น้อย
๕๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.รัชต์ ขัตติยะ

๕๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์...

๕๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งกานต์ กล้าหาญ

๕๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิกิจ ผินรับ

๖๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภลักษณ์ เกตุตากแดด

๖๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ เจ๊ะโส๊ะ

๖๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ

๖๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ

๖๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์

๖๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์

๖๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานุภาพ วรรณคนาพล

๖๗. ดร.ตรีสินธุ์ โพธารส

๖๘. ดร.ทัตพร คุณประดิษฐ์

๖๙. ดร.ธีญาภรณ์ แก้วทวี

๗๐. ดร.พุทธ ส่องแสงจินดา

๗๑. ดร.พรพิมล เชื้อดวงผุย

ประกาศ ณ วันที่ ๒๖ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๗

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 18 เล่มที่ 1 (Volume 18 Number 1)
มกราคม - มิถุนายน 2567 (January - June 2024)

สารบัญวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2567

สารบัญ

บรรณาธิการ

บทความวิจัย หน้า

อาหารเสริมสารสกัดจากเศษเหลือส้มปะรดต่อการเจริญเติบโตของปลานิล *(Oreochromis niloticus)* 1
วันอาสาฬ์ นนกระโทก วรณัฏฐา จำยเจริญ วราภรณ์ มอมขุนทด และสุดาพร ตงศิริ

ผลของการเสริมแบคทีเรีย Rossellomorea sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคในกุ้งขาวแวนนาไม 10
(Litopenaeus vannamei) ระยะโพสท์ลาร์วา
รัชกฤศ คนเรียน สุชานันท์ เอียมสกุล นัทท์ นันทพงศ์ พรพิมล เชื้อดวงผุย และนเรศ ช่วนยุก

ผลของสภาวะการกักเก็บสารสกัดแอสตาแซนธินจากเศษเหลือของกุ้งโดยวิธีโคอะเซอเวชันต่อคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ 23
พุฒิยา รัตนศิริวัฒน์ นงพงา แสงเจริญ และประภาพรรณ เพียรชอบ

ผลกระทบของประมงผีต่อความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากลอบปูแบบพับได้บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี 37
เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล ชนะสักก์ รืนรมย์ ฐกร ค้าขายกิจธวัช และชลี ไพบูลย์กิจกุล