ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 16 เล่มที่ 2 (Volume 16 Number 2)
กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 (July - December 2023)

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 16 **ฉบับที่** 2 **(กรกฎาคม-ธันวาคม) พ.ศ.** 2565

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 16 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2565) ประกอบด้วยแนวทางในการพัฒนาธนาคารปูม้า กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาเพื่อมุ่งประโยชน์ในการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรสัตว์น้ำที่นำไปสู่ความยั่งยืนของทรัพยากรและระบบนิเวศทางทะเล การศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาแฟนซีคาร์พและคะน้าใบหยิก รวมทั้งประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียในระบบอะควาโปนิกส์ การประเมินความหนาแน่นและประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกซึ่งเป็นข้อมูลประกอบที่นำไปสู่แนวทางในการบริหารจัดการเพื่อลดปัญหาขยะทะเล

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

กองบรรณาธิการ

แนวทางการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

Guidelines for the development of the Sup-anan Local Fisheries Group Crab Bank, Singhanakhon District, Songkhla Province

วชิราภรณ์ มณีแสง[1] และ พรพิมล เชื้อดวงผุย[1*]

Wachiraporn Maneesang[1] and Pornpimon Chuaduangpui[1*]

[1] สาขาวิชาวาริชศาสตร์และนวัตกรรมการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[1] Aquatic Science and Innovative Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkhla University, Songkhla 90112

[*] Corresponding author: pornpimon.b@psu.ac.th

Received: May 23, 2023

Revised: May 23, 2023

Accepted: July 5, 2023

บทคัดย่อ

ธนาคารปูม้าดำเนินการในรูปแบบเดียวกับการฝากถอนเงินของธนาคาร ปรับเปลี่ยนจากการรับฝากเงินมาเป็นการรับฝากแม่ปูม้าไข่นอกกระดองแทน ส่วนดอกเบี้ยที่ได้คือลูกปูม้าที่ปล่อยคืนกลับสู่ทะเลเพื่อให้ลูกปูเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยและเป็นผลผลิตประมงที่สร้างรายได้ให้กับชาวประมงต่อไป วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ รวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบเชิงลึกจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ ประธานธนาคารปู สมาชิกธนาคารปู ผู้จำหน่ายปู ผู้รับซื้อปู และหน่วยงานรัฐหรือเอกชนที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ข้อมูลโดยการจำแนกชนิดข้อมูลและใช้เครื่องมือวิจัยเชิงคุณภาพโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน (ประวัติธนาคารปู) การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ และการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาธนาคารปูกลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ ผลการศึกษาพบว่าธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2553 โดยการรวมกลุ่มกันของชาวประมงพื้นบ้าน นำแม่ปูที่มีไข่นอกกระดองมาฟักไข่ เพื่อฟักออกเป็นลูกปูวัยอ่อนและปล่อยคืนกลับสู่ทะเล วิเคราะห์ SWOT และ TOWS เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ ดังนี้ 1) พัฒนาเป็นศูนย์การเรียนรู้และสถานที่ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ 2) เสริมสร้างองค์ความรู้ด้านปูม้าให้กับสมาชิกธนาคารปูและเพิ่มช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์ 3) กระตุ้นให้คนรุ่นใหม่ในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมธนาคารปูม้า และ 4) สร้างความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ในการสนับสนุนงบประมาณเพื่อการดำเนินงานของธนาคารปู

คำสำคัญ : ธนาคารปู, กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์, การเพาะฟักไข่ปู, ปูไข่นอกกระดอง

Abstract

The crab bank functions similarly to a financial bank, with deposits and withdrawals, except that it replaces monetary deposits with gravid female crabs. The interest earned is in the form of larval crabs, which are released into the sea where they grow into adult blue swimming crabs, serving as fishery products that generate income for fishermen. This research aims to investigate guidelines for the development of the Sup-

anan Local Fisheries Group Crab Bank through in-depth interviews with stakeholders, including the crab bank chairman, members, sellers, buyers, and relevant government or private agencies. Data analysis employed typological analysis and utilized Participatory Rural Appraisal (PRA) as qualitative research tools (Timeline of the Sup-anan Local Fisheries Group Crab Bank). The analysis involved assessing the environment, potential (SWOT analysis), and strategic objectives (TOWS matrix) to establish guidelines for the development of the Sup-anan Local Fisheries Group Crab Bank. The findings revealed that the Bank was established in 2010 by local fishermen, who collected gravid female crabs, incubated them in tanks for hatching, and released the larvae back into the sea. SWOT and TOWS analyses were employed to propose the following guidelines for crab bank development: 1) Establish learning centers and eco-tourism sites, 2) Enhance the knowledge of crab bank members regarding blue swimming crabs, and improve communication channels and public relations activities, 3) Encourage the involvement of younger generations in the community in crab bank activities, and 4) Establish collaboration with various agencies to secure funding for the crab bank's operations.

Keywords: Crab bank, Sup-anan Local Fisheries Group, Crab egg hatching, Gravid female crabs

บทนำ

ปูม้าเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญของประเทศไทย นิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เพราะมีรสชาติดีและโปรตีนสูง รวมทั้งเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ (Nillrat *et al*., 2019) จากสถิติการประมงในปี พ.ศ. 2544 ผลผลิตปูม้าจำนวน 50,300 ตัน และในปี พ.ศ. 2563 ลดลงเหลือ 47,300 ตัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณปูม้าที่จับได้ในธรรมชาติมีแนวโน้มลดน้อยลง (Department of Fisheries, 2020) ชี้ชัดว่าทรัพยากรปูม้าถูกจับขึ้นมาใช้ประโยชน์เกินกำลังศักยภาพการผลิตของธรรมชาติ ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะการทำประมงมากเกินกำลังผลิต (Overfishing) รวมทั้งมีการจับปูม้าขนาดเล็กก่อนถึงขนาดเจริญพันธุ์หรือขนาดตามความต้องการขึ้นมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมาก ทำให้ปูม้าเหล่านั้นมีอัตราการเจริญเติบโตที่จะเป็นพ่อแม่พันธุ์ลดน้อยลง (Oniam *et al*., 2011) นอกจากนี้ การจับปูม้าที่มีไข่นอกกระดองหรือพร้อมวางไข่ได้ขึ้นมาใช้ประโยชน์ เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดการลดลงของทรัพยากรปูม้า โดยไข่ปูดังกล่าวไม่ได้เป็นที่นิยมในการบริโภคและมักถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งแม่ปูม้าหนึ่งตัวจะผลิตไข่อยู่ที่ 200,000-2,800,000 ฟอง จึงส่งผลให้แม่ปูม้าเหล่านั้นไม่มีโอกาสได้วางไข่เพื่อจะผลิตลูกปูม้าเกิดมาทดแทนในธรรมชาติทำให้ เกิดการสูญเสียทรัพยากรลูกปูม้าเป็นจำนวนมาก สุดท้ายอาจจะส่งผลทำให้ทรัพยากรปูม้าในทะเลมีโอกาสที่จะหายากมากขึ้นและสูญพันธุ์หมดไปในที่สุด (Nitiratsuwan and Ngamphongsai, 2020) ทางชุมชนประมงชายฝั่งในหลายพื้นที่ทั่วประเทศได้เล็งเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรปูม้า จึงมีการรวมกลุ่มก่อตั้งและดำเนินกิจกรรมธนาคารปูม้าชุมชนขึ้นด้วยวิธีการง่าย ๆ โดยรูปแบบการดำเนินกิจกรรมมีรายละเอียดที่แตกต่างกันไปตามข้อตกลงของสมาชิกชุมชนในแต่ละพื้นที่ (Kwanon *et al*., 2016) ซึ่งการจัดทำธนาคารปูม้าดำเนินการในลักษณะคล้ายกับการฝากถอนเงินของธนาคาร ปรับเปลี่ยนจากการรับฝากเงินมาเป็นการรับฝากแม่ปูม้าที่มีไข่นอกกระดองแทน ส่วนดอกเบี้ยที่ได้คือลูกปูม้าที่ปล่อยกลับคืนลงสู่ทะเล เพื่อให้ลูกปูจนเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยและสามารถจับขึ้นมา

ขายเป็นรายได้ของชาวประมงต่อไป (Nakkarit, 2015) นอกจากนี้ แม้มีการดำเนินการธนาคารปูม้าในหลายพื้นที่ แต่ยังขาดข้อมูลในด้านแนวทางการพัฒนาและการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกิจกรรมธนาคารปูม้า ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินกิจกรรมของธนาคารปูม้า

จากความสำคัญข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาแนวทางในการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา เนื่องจากธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์เป็นธนาคารปูที่ก่อตั้งขึ้นเป็นสถานที่แรกของอำเภอสิงหนคร และมีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องแต่ยังประสบกับปัญหาในบางด้านทั้งด้านทางเทคนิคและด้านการบริหารจัดการ จึงอยากที่จะพัฒนาศักยภาพของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ให้มีศักยภาพในการดำเนินงานที่ดียิ่งขึ้นและมีความยั่งยืน อีกทั้งยังคงการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าในทะเลและชายฝั่งให้มีความอุดมสมบูรณ์ต่อไป ซึ่งผลของการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการอนุรักษ์สัตว์น้ำโดยเฉพาะปูม้าหรือผู้ที่สนใจทำธนาคารปู เพื่อทราบถึงความเป็นมา วิธีการดำเนินงานและแนวทางในการพัฒนาของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ที่ใช้หลักการของระบบธนาคารมาประยุกต์ใช้เป็นธนาคารสัตว์น้ำ เพื่อมุ่งประโยชน์ในการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรสัตว์น้ำ และเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งที่นำไปสู่ความยั่งยืนของทรัพยากร รวมไปถึงส่งผลดีต่อเศรษฐกิจและระบบนิเวศทางทะเลให้ดีขึ้นอีกด้วย

วิธีดำเนินการ

วิธีวิจัย เครื่องมือ และประชากร

การศึกษาครั้งนี้พื้นที่ศึกษาคือธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1. การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-dept interview) ผู้ให้ข้อมูลหลัก ซึ่งเป็นกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานธนาคารปูม้า แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ประธานธนาคารปูจำนวน 1 คน สมาชิกธนาคารปูจำนวน 2 คน ผู้จำหน่ายปูม้าจำนวน 2 คน ผู้รับซื้อปูม้าจำนวน 2 คน และหน่วยงานรัฐหรือเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของธนาคารปูจำนวน 4 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 11 คน เพื่อรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ อาทิ การพัฒนาและลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามลำดับเวลา (Timeline) การบริหารจัดการธนาคารปู ทั้งในส่วนของการดำเนินงานและการบริหารธนาคารปู การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกลุ่มต่าง ๆ เป็นต้น

2. การจัดสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) กับกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (ตามข้อที่ 1) เพื่อร่วมกันแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนประเด็นต่าง ๆ เช่น วิธีการดำเนินงานและสภาพปัญหาการดำเนินงานของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ รวมทั้งแนวทางการบริหารจัดการธนาคารปูม้าให้มีความยั่งยืน เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์เชิงลึกของผู้ให้ข้อมูลหลัก ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Typological analysis) โดยการจำแนกชนิดข้อมูล จัดหมวดหมู่ของข้อมูลมาจำแนกประเด็นเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย จากนั้นทำความเข้าใจความหมายของแต่ละประเด็น และสังเคราะห์หาความสอดคล้องกันในแต่ละประเด็นตลอดจนหาความเชื่อมโยงระหว่างประเด็น สรุปเป็นข้อค้นพบจากการเก็บข้อมูลแล้วนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบการบรรยายเชิงพรรณนาในแต่ละเรื่อง เพื่อมุ่งอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือข้อสรุปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ (Chantawanich, 2010)

ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสนทนากลุ่มร่วมกันระดมความคิดโดยการมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ร่วมกันกับกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ (SWOT analysis) ได้แก่ จุดแข็ง (Strength: S) จุดอ่อน (Weakness: W) โอกาส (Opportunity: O) และอุปสรรค (Threat: T) และวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ (TOWS matrix) ซึ่งเป็นการจับคู่จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

ผลและวิจารณ์ผล

ความเป็นมาของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์

ธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 70/16 หมู่ที่ 1 ตำบลหัวเขา อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา โดยมีประวัติความเป็นมาของการจัดตั้งธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ ดังแสดงใน Figure 1

ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2552 ชาวประมงพื้นบ้านประสบกับปัญหาทรัพยากรปูม้าในทะเลสาบสงขลามีจำนวนลดลงจนอยู่ในขั้นวิกฤต เนื่องจากทั้งเรือประมงขนาดเล็กและเรือประมงพาณิชย์ขนาดใหญ่สนใจการทำประมงปูม้ากันมากขึ้น ผลผลิตปูม้ามาจากการทำประมงปูม้าจากธรรมชาติโดยการจับเพียงอย่างเดียว ไม่มีการอนุรักษ์ฟื้นฟู ทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนผลผลิตปูม้าเพื่อนำไปส่งขายในท้องตลาดและส่งผลกระทบต่อรายได้ของชาวประมงพื้นบ้านเมื่อจับปูม้าจับได้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับ Nakkarit (2015) ได้กล่าวถึง ทรัพยากรประมงชายฝั่งที่ชาวประมงใช้ประโยชน์มากที่สุดคือทรัพยากรปูม้า เมื่อมีการใช้ทรัพยากรประมงชายฝั่งร่วมกันจึงต้องมีการบริหารจัดการทรัพยากรนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับจำนวนเรือที่เพิ่มมากขึ้น

ปี พ.ศ. 2553 คุณอนันต์ มานิล ผู้นำกลุ่มประมงพื้นบ้านเริ่มมีรายได้จากการทำอาชีพประมงจับปูม้าน้อยลง ทำให้เกิดผลกระทบต่อกิจการที่เข้าสู่สภาวะขาดทุน จึงเริ่มตระหนักถึงปัญหาการลดลงของทรัพยากรปูม้าในทะเลสาบสงขลา ทำให้เกิดแนวคิดที่จะเพิ่มจำนวนปูม้าโดยริเริ่มการเพาะฟักไข่ปูนอกกระดองแล้วนำลูกปูม้าไปปล่อยคืนสู่ทะเลเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการฟื้นฟูทรัพยากรปูม้าในทะเลสาบสงขลา เกิดการรวมกลุ่มของชาวประมงพื้นบ้าน โดยมีคุณอนันต์เป็นแกนนำในการก่อตั้งธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ขึ้นมา ซึ่งการก่อตั้งธนาคารปูนี้จะเห็นได้ว่าเกิดจากการมีส่วนร่วมกันของคนในชุมชนที่เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรปูม้า ซึ่งสอดคล้องกับความหมายของการมีส่วนร่วมโดย Bea-Kee and Kullachai (2019) ได้

กล่าวไว้ว่า การมีส่วนร่วม หมายถึง การมีส่วนร่วมที่เป็นอิสระโดยความสมัครใจในการร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ และร่วมลงมือการปฏิบัติ และการจัดทำธนาคารปูม้าชุมชนถือว่าเป็นรูปแบบหนึ่งในการจัดการทรัพยากรประมงชายฝั่งของชุมชนแบบยั่งยืนโดยการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน (Nakkarit, 2015) นอกจากนี้ เมื่อทรัพยากรที่จำเป็นมีจำนวนลดลงหรือหายากมากขึ้นนั้นได้สร้างผลกระทบต่อวิถีชีวิตของผู้ที่ใช้ทรัพยากรนั้น ทำให้แรงจูงใจในการเข้ามามีส่วนร่วมจัดการทรัพยากรของผู้ที่ใช้ทรัพยากรนั้นสูง ตราบใดที่ทรัพยากรนั้นไม่เสื่อมโทรมไปเกินกว่าขีดความสามารถของทรัพยากรนั้น (Bardhan, 1993; Gibson *et al.,* 2000; Heltberg, 2001)

ปี พ.ศ. 2555-2556 ธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ ดำเนินการเพาะฟักไข่ปูม้านอกกระดองและนำลูกปูม้าไปปล่อยคืนสู่ทะเล เพื่อเป็นช่องทางหนึ่งในการฟื้นฟูทรัพยากรปูม้า เมื่อดำเนินกิจกรรมการปล่อยลูกปูไประยะหนึ่ง พบว่าชาวประมงพื้นบ้านสามารถทำประมงปูม้าได้ในปริมาณที่มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่ยังไม่มีการปล่อยลูกปู ดังนั้น ชาวประมงพื้นบ้านจึงเชื่อว่าทรัพยากรปูม้าในทะเลสาบสงขลาเริ่มมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นจากผลของกิจกรรมการปล่อยลูกปูส่งผลให้ชาวประมงพื้นบ้านมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอยู่ในภาวะวิกฤติ Changadvach and Sribangkhae (2014) ระบุว่าการเพาะและอนุบาลลูกปูม้าที่ได้จากปูม้าไข่นอกกระดอง ถือเป็นการส่งเสริมหรือชี้นำแนวทางในการใช้ทรัพยากรปูม้าร่วมกับการอนุรักษ์ความอุดมสมบูรณ์ของทะเลให้คงอยู่เพื่อสร้างความยั่งยืนในการประกอบอาชีพประมง นอกจากนั้น จากสถานการณ์และการดำเนินงานดังกล่าวส่งผลให้มีหน่วยงานต่าง ๆ เริ่มรู้จักและให้ความสนใจ เนื่องจากเห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าและต้องการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งทะเล รวมทั้งต้องการส่งเสริมให้ชาวบ้านในชุมชนได้มีอาชีพและมีรายได้จากการทำอาชีพประมงจับปูม้า จึงเข้ามาให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านเทคนิดหรือด้านการบริหารจัดการ ซึ่งผลที่ได้นอกจากที่ธนาคารปูม้าจะสามารถพัฒนาและอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าได้ด้วยการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนแล้ว หน่วยงานภายนอกที่เข้ามาสนับสนุนจะสามารถมองเห็นศักยภาพของธนาคารปูได้ชัดเจนขึ้นและสามารถให้การช่วยเหลือได้ตรงตามความต้องการของธนาคารปู ทำให้การพัฒนาธนาคารปูเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ Chotpanich (2013) ได้กล่าวไว้ว่า การที่มีหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้ามาสนับสนุนและมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรร่วมกับชุมชน เป็นการสร้างกลไกและเครือข่ายความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ทำให้นำไปสู่การจัดการทรัพยากรอย่างเหมาะสมและยั่งยืน

ปี พ.ศ. 2557-2558 บริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) (PTT Exploration and Production; PTTEP) ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการสนับสนุนงบประมาณการสร้างบ่อเพาะฟัก บ่อซีเมนต์เก็บน้ำและอุปกรณ์ในการอนุบาลลูกปู รวมถึงช่วยประสานงานกับสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยในการนำหลักวิชาการ องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสนับสนุนการดำเนินงานของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ จนกระทั่งได้เกิดแนวความคิดที่ต้องการจะยกระดับและพัฒนาธนาคารปูให้เป็นศูนย์การเรียนรู้เพาะฟักลูกปูบ้านหัวเขาอย่างเต็มรูปแบบ บริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) จึงได้สนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาและก่อสร้างอาคารศูนย์การเรียนรู้และโรงเพาะฟักลูกปูมาตรฐานให้กับธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ โดยสร้าง

อาคารสองชั้น ชั้นบนออกแบบให้เป็นห้องจัดอบรม ส่วนชั้นล่างเป็นพื้นที่นิทรรศการควบคู่กับโรงเพาะฟักและอนุบาลลูกปู เป็นการร่วมกันออกแบบของสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เพื่อใช้เป็นแหล่งเพาะฟักลูกปูปล่อยคืนสู่ธรรมชาติและเป็นแหล่งเรียนรู้ที่เผยแพร่องค์ความรู้ให้แก่ชุมชนประมงพื้นบ้านอื่น ๆ รวมถึงหน่วยงานราชการ นักเรียน นักศึกษา และประชาชนผู้สนใจทั่วไปได้เข้ามาศึกษาหาความรู้ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ Kwanon *et al.* (2016) ได้กล่าวไว้ว่า การทำให้กิจกรรมธนาคารปูม้าเป็นสถานที่ท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ของนักท่องเที่ยวและผู้ที่สนใจ ถือเป็นการเผยแพร่วิธีการช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าและความรู้ต่าง ๆ ให้แก่ผู้ที่สนใจหรือชาวบ้านในพื้นที่ชุมชนอื่น ๆ อีกทางหนึ่ง

ปี พ.ศ. 2564-2566 (ปัจจุบัน) คุณอนันต์ มานิล ผู้ที่ก่อตั้งธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์เสียชีวิตในปี 2564 ทำให้ธนาคารปูต้องมีผู้ที่จะมาสานงานธนาคารปูให้สามารถดำเนินงานต่อไป โดยมีสมาชิกธนาคารปูที่มาร่วมทำงานสานต่อ 3 คน คือคุณชำนาญ มานิล ซึ่งเป็นน้องชายของคุณอนันต์ มานิล (น้านาญ; ผู้รับผิดชอบและดูแลโครงการ และควบคุมคุณภาพการเพาะฟักไข่ปู) นางนวล กลิ่นบรรจง ชาวบ้านในชุมชน (ป้าขำ; ผู้ทำหน้าที่เพาะฟักลูกปู) และนายยุทธนา จิตต์โต๊ะหลำ แกนนำอนุรักษ์ป่าชายเลนบ้านหัวเขา (แบอี; ผู้ทำหน้าที่ประสานงานการปลูกป่าชายเลนนำลูกปูไปปล่อยคืนสู่ทะเล) โดยสมาชิกทั้ง 3 คนจะคอยช่วยเหลือและร่วมกันดำเนินงาน เนื่องจากการทำงานในธนาคารปูนี้เป็นงานจิตอาสา ไม่มีค่าตอบแทนหรือรายได้ต่อเดือน เป็นกิจกรรมที่เข้าร่วมด้วยความสมัครใจ จึงทำให้มีสมาชิกมาเข้าร่วมในการทำงานจำนวนไม่มากนัก เพราะส่วนใหญ่ก็จะต้องไปประกอบอาชีพเลี้ยงตนเองและครอบครัว

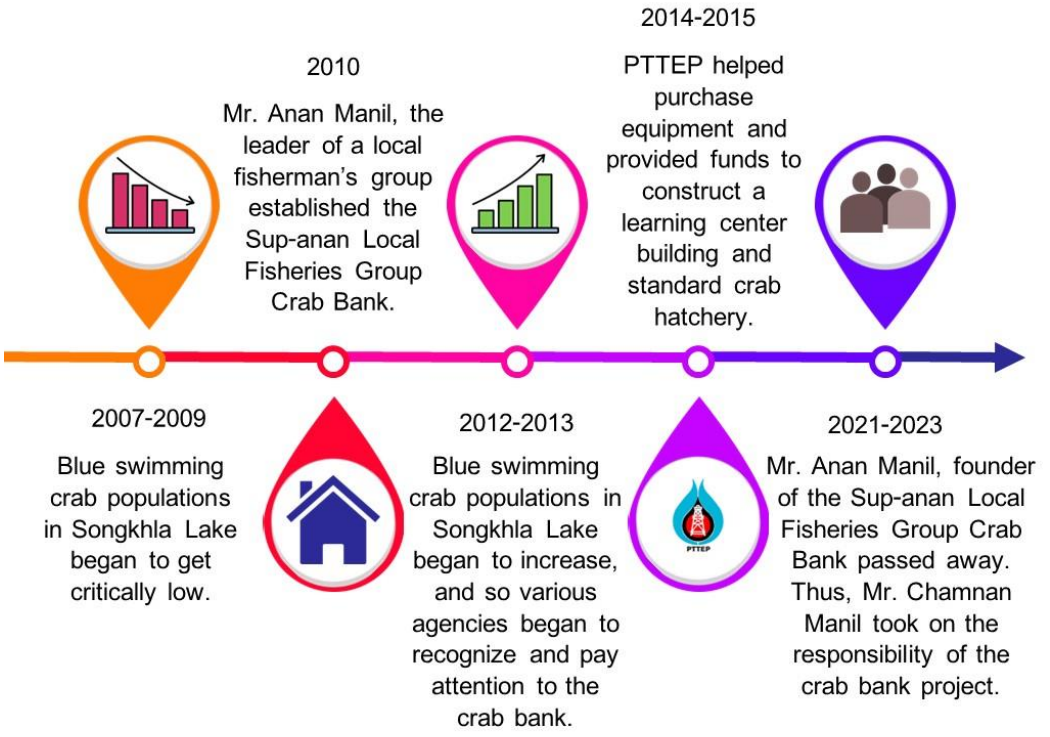

Figure 1 Timeline of the Sup-anan Local Fisheries Group Crab Bank

การดำเนินงานของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์

การดำเนินงานของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์เริ่มต้นจากการคัดเลือกแม่ปูที่มีไข่นอกกระดอง ซึ่งได้มาจากเรือประมงของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ที่ออกไปทำประมงปูม้าในแต่ละครั้ง โดยจำนวนแม่ปูไข่นอกกระดองที่จับได้ในแต่ละครั้งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำประมงปูม้าของชาวประมงและฤดูกาลในรอบปี โดยช่วงฤดูกาลที่ชาวประมงสามารถทำประมงปูม้าได้ปริมาณมากอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม ทำให้ธนาคารปูมีโอกาสได้แม่ปูไข่นอกกระดองปริมาณมากเช่นกัน โดยจำนวนแม่ปูไข่นอกกระดองที่จับได้เฉลี่ย 350 ตัวต่อเดือน ในการเพาะฟักไข่ปูจะนำแม่ปูที่มีไข่นอกกระดอง (สีน้ำตาล สีเทา และสีดำ) มาแยกไข่ปูออกจากจับปิ้ง โดยใช้มือยีไข่หรือแปรงถูเบา ๆ ในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำทะเล เพื่อเขี่ยให้ไข่หลุดออกจากจับปิ้ง จากนั้นจึงคืนแม่ปูม้าให้ชาวประมงที่เป็นผู้จับแม่ปูมานำไปจำหน่ายตามปกติ ส่วนไข่ปูที่เขี่ยออกมานำมาล้างด้วยน้ำทะเลให้สะอาด 3-4 ครั้ง แล้วนำไข่ปูที่ล้างสะอาดแล้วไปเพาะฟักในถังพลาสติกทรงสูงที่บรรจุน้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน (Parts per thousand; ppt) เพื่อฟักไข่ปูม้า ใช้เวลาในการเพาะฟัก 1 คืน ลูกปูวัยอ่อนที่ฟักออกมาจากไข่ระยะแรกคือระยะซูเอีย (Zoea) จากนั้นจึงนำลูกปูที่ฟักไปปล่อยกลับคืนสู่ทะเลเพื่อให้ลูกปูไปอาศัยในทะเลและเจริญเติบโตในธรรมชาติต่อไป (Figure 2) ซึ่งทางธนาคารปูจะเพาะฟักไข่ปูทุกวันและปล่อยลูกปูคืนสู่ทะเลในวันรุ่งขึ้น เพื่อเพิ่มจำนวนลูกปูในทะเลทดแทนปูที่ถูกจับขึ้นมาใช้ประโยชน์

นอกจากกิจกรรมหลักการเพาะฟักไข่ปูนอกกระดองเพื่อเพิ่มจำนวนลูกปูม้าในท้องทะเลแล้ว ธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ยังเป็นศูนย์การเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้ประชาชนทั่วไป นักเรียน นักศึกษา หน่วยงานที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชน เข้ามาศึกษาดูงานภายในธนาคารปูอีกด้วย โดยคุณชำนาญ มานิล จะทำหน้าที่เป็นผู้บรรยายการดำเนินงานและข้อมูลต่าง ๆ ของธนาคารปู รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ที่มาศึกษาดูงานได้เยี่ยมชมกิจกรรมต่าง ๆ ของธนาคารปู เช่น การชมลูกปูม้าที่ได้จากการเพาะฟัก การจัดกิจกรรมให้ผู้ที่มาศึกษาดูงานได้มีส่วนร่วมในการปล่อยลูกปูม้ากลับคืนสู่ทะเล (Figure 2) เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกและประโยชน์ของการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้า โดยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เข้าใจและเห็นถึงความสำคัญของทรัพยากรปูม้า ทำให้ธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์สามารถดำเนินงานมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

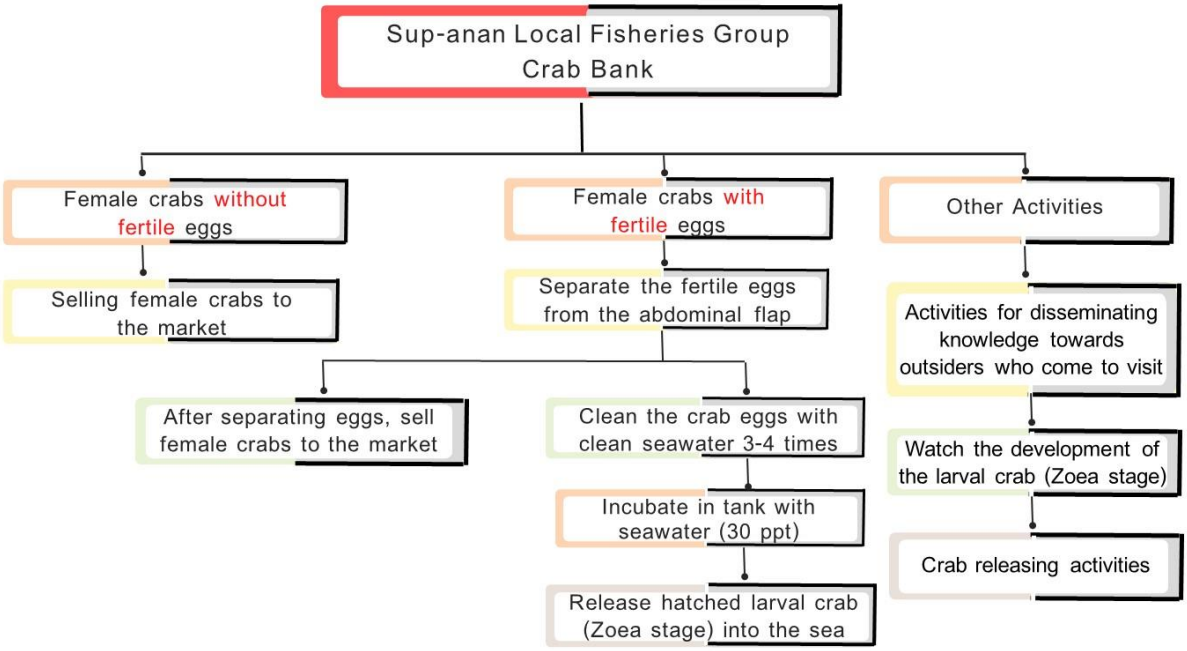

Figure 2 The operations of the Sup-anan Local Fisheries Group Crab Bank

ผลการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT) ของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์

เนื่องจากธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์เป็นธนาคารปูที่ก่อตั้งขึ้นเป็นสถานที่แรกของอำเภอสิงหนคร และมีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องแต่ยังประสบกับปัญหาในบางด้านทั้งด้านทางเทคนิคและด้านการบริหารจัดการ จึงอยากที่จะพัฒนาศักยภาพของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ให้มีศักยภาพในการดำเนินงานที่ดียิ่งขึ้นและมีความยั่งยืน จึงใช้การวิเคราะห์ SWOT เพื่อศึกษาปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในที่ส่งผลกระทบต่อดำเนินงานของธนาคารปู และประเมินสถานการณ์ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ซึ่งการวิเคราะห์ SWOT ช่วยทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่จะสามารถช่วยสร้างจุดแข็ง ลดจุดอ่อน เพิ่มโอกาสและหลีกเลี่ยงปัญหาอุปสรรค Parinyasutinun (2016) กล่าวว่า การวิเคราะห์ SWOT เป็นสิ่งที่องค์กรใช้เพื่อประเมินสถานการณ์และนำไปสู่การกำหนดปัจจัยเชิงกลยุทธ์ อีกทั้งยังสามารถนำไปสู่ปัจจัยดังกล่าวมาจับคู่กันในรูปแบบของ TOWS matrix ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยภายนอกที่เป็นโอกาสและอุปสรรคที่องค์กรกำลังเผชิญอยู่นั้นสามารถนำมาจับคู่เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับปัจจัยภายในที่เป็นจุดแข็งและจุดอ่อนได้เช่นกัน

จากการรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ และนำมาวิเคราะห์ SWOT Analysis เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ของธนาคารปูและโอกาสในอนาคต วิเคราะห์ศักยภาพ ประเมินสถานการณ์สำหรับการดำเนินงานของธนาคารปู ผลการวิเคราะห์รายละเอียดดังแสดงใน **Table 1**

Table 1 SWOT analysis of the Sup-anan Local Fisheries Group Crab Bank

(Strengths; S)	(Weaknesses; W)	(Opportunities; O)	(Threats; T)
1. Members have a vision of work, and a kinship style of management, rather than a boss and subordinate style. 2. Crab bank members are participatory and united. 3. Crab bank members are hospitable and service-minded towards outsiders who come to visit and study the operation of the crab bank. 4. The leader has knowledge of blue swimming crab hatching and has information about crab banks. 5. The leader is reliable, has a volunteer spirit and is a model leader.	1. Crab bank members are all volunteers, thus they get no pay for their work. 2. Some members of the group have insufficient knowledge of blue swimming crab aquaculture, such as broodstock rearing, larval crab nursing, etc. 3. The group lacks communication channels and public relations activities.	1. External agencies recognize the importance of the crab bank's operations. Both public and private sectors provide a variety of support, including culture techniques, buildings and necessary equipment for operation. 2. The group attracts people and outside agencies to participate in crab releasing activities, resulting in more larval crabs being released than members alone could release. 3. The group promotes knowledge, understanding, and participation of stakeholders in the conservation of blue swimming crab populations, in addition to the government's activities.	1. Crab bank members are all volunteers, thus they get no pay for their work. 2. Some members of the group have insufficient knowledge of blue swimming crab aquaculture, such as broodstock rearing, larval crab nursing, etc. 3. The group lacks communication channels and public relations activities.

ผลการวิเคราะห์การสร้างยุทธ์ศาสตร์และแนวทางในการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์

เพื่อให้ผลจากการวิเคราะห์ SWOT สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดทำแนวทางในการพัฒนาธนาคารปูกลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือ TOWS matrix เพื่อจัดทำยุทธศาสตร์และเป้าหมายการพัฒนาในแต่ละยุทธศาสตร์ ซึ่งเป้าหมายในการพัฒนาคือ การพัฒนาศักยภาพของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ให้มีศักยภาพในการดำเนินงานที่ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังคงการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าในทะเลและชายฝั่งให้มีความอุดมสมบูรณ์ต่อไป การใช้ TOWS จะทำให้ธนาคารปูได้แนวทางในการพัฒนาที่นำไปสู่การปฏิบัติได้จริงเป็นรูปธรรมมากที่สุด ผลจากการใช้เครื่องมือ TOWS matrix จับคู่จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค สามารถสรุปเป็นยุทธศาสตร์ได้ 4 ด้าน ได้แก่ การจับคู่จุดแข็งกับโอกาสได้ยุทธศาสตร์เชิงรุก (SO) การจับคู่จุดอ่อนกับโอกาสได้ยุทธศาสตร์เชิงพลิกฟื้น (WO) การจับคู่จุดแข็งกับอุปสรรคได้ยุทธศาสตร์เชิงป้องกัน (ST) และการจับคู่จุดอ่อนกับอุปสรรคได้ยุทธศาสตร์เชิงจัดระบบ (WT) พร้อมจัดทำแนวทางการพัฒนา ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ TOWS ได้แนวทางในการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ (Figure 3) ดังนี้

ยุทธศาสตร์เชิงรุก (SO): เนื่องจากธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์มีจุดแข็งคือ ผู้นำมีองค์ความรู้ในเรื่องของการเพาะฟักลูกปูและข้อมูลต่าง ๆ ของธนาคารปู และสมาชิกในธนาคารปูได้มีส่วนร่วมและมีความสามัคคีเป็นอย่างดี อีกทั้งมีการให้บริการที่ดีและเป็นกันเองของสมาชิกในธนาคารปูกับบุคคลภายนอกที่สนใจเข้ามาศึกษาดูงาน ร่วมกับโอกาสที่มีคือ มีหน่วยงานภายนอกเห็นความสำคัญของการดำเนินงานธนาคารปูทั้งภาครัฐและภาคเอกชน จึงได้เข้ามาให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านเทคนิคการเพาะเลี้ยง ด้านโรงเรือนและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินงาน และมีบุคคลภายนอกเข้ามาในพื้นที่เพื่อทำกิจกรรมปล่อยลูกปูม้าเกือบทุกวัน จึงทำให้เกิดเป็นแผนเชิงรุกคือ การพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์เป็นศูนย์การเรียนรู้และสถานที่ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ และการให้ความรู้และส่งเสริมกิจกรรมเชิงการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรปูม้าแก่ประชาชน นักเรียน นักศึกษาให้เข้าใจและมีจิตสำนึกในการดูแลทรัพยากรปูม้า

ยุทธศาสตร์พลิกฟื้น (WO): เนื่องจากธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์มีจุดอ่อนคือ สมาชิกในธนาคารปูขาดองค์ความรู้ในเรื่องของปูม้า เช่น การดูแลแม่ปูม้า การอนุบาลลูกปูม้า เป็นต้น อีกทั้งช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์มีน้อย โดยจะใช้โอกาสที่ทางธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชนเข้ามาให้การสนับสนุน ทำให้เกิดเป็นยุทธศาสตร์พลิกฟื้นคือ การร่วมกับสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา สังกัดกรมประมง ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีความรู้ด้านการเพาะฟักสัตว์น้ำและสามารถช่วยเหลือธนาคารปูในด้านองค์ความรู้ด้านปูม้าให้กับสมาชิกของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์และชาวประมงพื้นบ้าน และการส่งเสริมช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ให้มากขึ้นเพื่อสามารถเป็นแหล่งเรียนรู้ของบุคคลภายนอกที่สนใจได้เข้ามาศึกษาการดำเนินงานของธนาคารปูและช่วยฟื้นฟูทรัพยากรปูม้าอีกทางหนึ่ง

ยุทธศาสตร์เชิงป้องกัน (ST): จากจุดแข็งของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ที่มีการกำหนดวิสัยทัศน์ในการทำงาน การจัดการสมาชิกในกลุ่มแบบเครือญาติพี่น้องมากกว่าเจ้านายกับลูกน้อง รวมทั้งผู้นำมีความน่าเชื่อถือ มีจิตอาสาและเป็นผู้นำในการปฏิบัติเป็นแบบอย่าง และความเป็นกันเองของสมาชิกในธนาคารปูกับบุคคลภายนอก อย่างไรก็ตาม พบว่าปัญหาอุปสรรคอย่างหนึ่งคือการไม่มีคนรุ่นใหม่ในชุมชนเข้ามาสืบสานต่อกิจกรรมธนาคารปู ดังนั้น ในการดำเนินงานของธนาคารปู จึงควรมีแผนป้องกันคือ การกระตุ้นให้คนรุ่นใหม่ในชุมชนเห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าและเกิดความสนใจเข้ามามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมธนาคารปูม้าให้มากขึ้น เพื่อสร้างความยั่งยืนให้กิจกรรมธนาคารปูม้าอย่างต่อเนื่องต่อไปในอนาคต

ยุทธศาสตร์เชิงจัดระบบ (WT): เนื่องจากการเข้ามาทำธนาคารปูนี้เป็นงานจิตอาสา ไม่มีสวัสดิการให้แก่สมาชิก ร่วมทั้งการไม่มีงบประมาณจากภายนอกมาสนับสนุนการดำเนินงาน ทำให้ต้องใช้งบประมาณส่วนตัวเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงอุปสรรค ธนาคารปูจึงควรดำเนินการจัดทำแผนจัดระบบ โดยการพิจารณาร่วมกันกับหน่วยงานในท้องถิ่นหรือหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการให้การสนับสนุนงบประมาณค่าใช้จ่ายภายในธนาคารและสวัสดิการให้แก่สมาชิกที่มาเข้าร่วมการทำกิจกรรมธนาคารปู เพื่อเป็นแรงจูงใจให้สมาชิกมีกำลังใจในการทำธนาคารปู

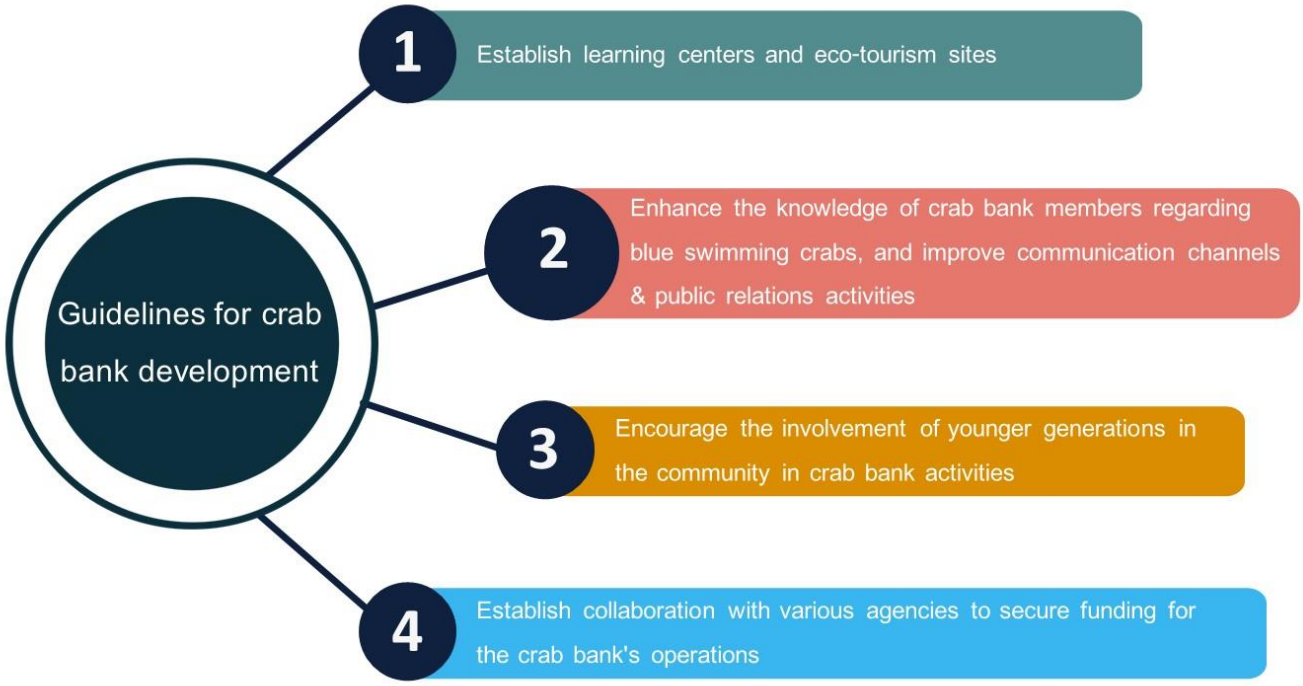

Figure 3 The guidelines for crab bank development

สรุปผล

ธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์จัดตั้งขึ้นปี พ.ศ. 2553 โดยการรวมกลุ่มกันของชาวประมงพื้นบ้าน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อฟื้นฟูทรัพยากรปูม้าในทะเลสาบสงขลา โดยธนาคารปูได้รับการสนับสนุนจากบริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการดำเนินงานเพาะฟักไข่ปูนอกกระดองของธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ จะนำแม่ปูที่มีไข่นอกกระดองมาทำการแยกไข่ปูออกจากจับปิ้ง โดยใช้มือยีไข่หรือแปรงถูเบา ๆ ในถังพลาสติกที่มีน้ำทะเลรองรับอยู่ จากนั้นนำไข่ปูมาล้างด้วยน้ำทะเลให้สะอาด 3-4 ครั้ง แล้วนำไปเพาะฟักในถังที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ใช้เวลาในการเพาะฟัก 1 คืน ไข่ปูจะฟักออกเป็นลูกปูตัวอ่อนระยะซูเอีย แล้วจึงนำลูกปูไปปล่อยกลับคืนสู่ทะเล โดยทางธนาคารปูจะเพาะฟักไข่ปูทุกวันและปล่อยลูกปูคืนสู่ทะเลในวันรุ่งขึ้น

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพของธนาคารปูพบว่า ธนาคารปูมีศักยภาพในหลายประเด็นที่โดดเด่น ได้แก่ มีการทำงานการบริหารจัดการสมาชิกในกลุ่มแบบเครือญาติพี่น้องมากกว่ารูปแบบเจ้านายกับลูกน้อง สมาชิกในธนาคารปูมีส่วนร่วมและมีความสามัคคีเป็นอย่างดี ผู้นำมีองค์ความรู้ในเรื่องของการเพาะฟักลูกปูและข้อมูลต่าง ๆ ของธนาคารปู มีหน่วยงานภายนอกเห็นความสำคัญของการดำเนินงานธนาคารปู ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนจึงให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ รวมถึงได้รับความสนใจจากบุคคลหรือหน่วยงานภายนอกมาร่วมกิจกรรมปล่อยลูกปู ถึงแม้ว่าจะมีจุดอ่อนและอุปสรรคบ้าง แต่เมื่อพิจารณาจุดแข็งและโอกาสแล้วพบว่ามีแนวทางในการพัฒนาศักยภาพของธนาคารปูให้มีศักยภาพการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังคงการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้าในทะเลให้มีความอุดมสมบูรณ์ดังเดิม เพื่อให้กิจกรรมธนาคารปูม้าได้มีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องและมีความยั่งยืน

ผลการวิเคราะห์ SWOT analysis และ TOWS matrix ทำให้ได้แนวทางในการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ ดังนี้ 1. การพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์เป็นศูนย์การเรียนรู้และสถานที่ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ 2. การเพิ่มองค์ความรู้ด้านปูม้าให้กับสมาชิกของธนาคารปู และการเพิ่มช่องทางการสื่อสารและประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ 3. การกระตุ้นให้คนรุ่นใหม่ในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมธนาคารปูม้าและเห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้า และ 4. การพิจารณาร่วมกันกับหน่วยงานในท้องถิ่นหรือหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการให้การสนับสนุนงบประมาณค่าใช้จ่ายภายในธนาคารและสวัสดิการให้แก่สมาชิกธนาคารปู

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำ ขอขอบคุณคุณชำนาญ มานิล และคุณนวล กลิ่นบรรจง ผู้ดูแลธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ที่คอยให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลหลักทุกท่านที่ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบคุณทุนเรียนดี ทุนสนับสนุนบัณฑิต สาขาความเป็น

เลิศการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน (DoE) และทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bardhan, P. 1993. Analytics of the institutions of informal cooperation in rural development. World Development. 21(4): 633-639.

Bea-Kee, W. and Kullachai, P. 2019. The development of blue crab bank by participation with Local Fishery Group Ban Hin Gob, Chumko Sub-Distric, Patew District, Chumporn Province. Proceedings of the 57th Kasetsart University Annual Conference. Bangkok, January 29 – February 1, 2019. 434-441. [in Thai]

Changadvach, T. and Sribangkhae, T. 2014. Preliminary study of breeding and nursing for blue swimming crab conservation. Khon Kaen Agriculture Journal. 42(2): 304-308. [in Thai]

Chantawanich, S. 2010. Qualitative research methods. Chulalongkorn University, Bangkok. 233 p. [in Thai]

Chotpanich, P. 2013. Coastal Resource Management with Community Participation: A Case Study of Bakunkhoel Community, Tanyongpau Sub- District, Muang District, Satun Province. Master's degree Thesis. Thaksin University. [in Thai]

Department of Fisheries. 2020. Fisheries statistics of Thailand 2020. Technical Paper No. 4/2020. Fisheries Development Policy and Planning Division, Department of Fisheries. [in Thai]

Gibson, C. C., Ostrom, E. and McKean, M. A. 2000. Forests, people, and governance: Some initial theoretical lessons. MIT Press, USA. 274 p.

Heltberg, R. 2001. Determinants and impact of local institutions for common resource management. Environment and Development Economics. 6(2): 183-208.

Kwanon, K., Nuchpraset, P., Pitakkamolphan, V., Kumngam, P. and Siriwong, P. 2016. A Sustainability development creation of crabs banking Laem Phak Bia, Ban Laem, Phetchaburi province. Silapakorn University Journal. 9(1): 456-469. [in Thai]

Nakkarit, K. 2015. A Study of Model in Coastal Fisheries Resources Management: A Case Study of Crab bank at Khong Allbotor Community, Moo 4, Bangkaew Sub-District, Banlame District, Phetchaburi Province. Master's degree Thesis. Thammasat University. [in Thai]

Nillrat, S., Ngamcharoen, K., Darbanandana, T. and Sawusdee, A. 2019. Biology and fisheries of blue swimming crab in Thailand. Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University. 21(1): 117-127. [in Thai]

Nitiratsuwan, T. and Ngamphongsai, C. 2020. Impacts of no ovigerous blue swimming crab fishing on small scale fisher, a case study in Trang province. Journal of Fisheries Technology Research. 14(2): 48-59. [in Thai]

Oniam, V., Arkronrat, W., Chuchit, L., Kessuwan, K. and Orachun, R. 2011. A Financial analysis of complete cycle blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) culture. Thai Fisheries Gazette. 64(2): 151-158. [in Thai]

Parinyasutinum, U. 2016. SWOT analysis: spotlight to strategic management and the community can do it. Suranaree Journal of Social Science .10(2): 137-157. [in Thai]

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

ผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาแฟนซีคาร์พ คะน้าใบหยิก และคุณภาพน้ำในระบบอะควาโปนิกส์ที่ใช้น้ำหมุนเวียน

Effect of water flow rates on growth of fancy carp (*Cyprinus carpio* var. *koi*), curl leaf kale (*Brassica oleracea* ver. *acephala*) and water quality parameters in aquaponic recirculating system

พีระ มีทรัพย์[1] พวงเพชร พิมพ์จันทร์[2] ปราณีต งามเสน่ห์[3] กฤติมา กษมาวุฒิ[4] และ สำเนาว์ เสาวกูล[4*]

Peera Meesap[1] Paongpetch Phimchan[2] Praneet Ngamsnae[3] Krittima Kasamawut[4] and Samnao Saowakoon[4*]

[1]หลักสูตรเทคโนโลยีเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

[1]Agricultural technology course, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus

[2]สาขาพืชศาสตร์ สิ่งทอและการออกแบบ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

[2]Plant science textile and design, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus

[3]สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3]Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

[4]สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

[4]Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology IsanSurin Campus

*Corresponding author: samnao.sa@rmuti.ac.th

Received: May 8, 2023

Revised: May 15, 2023

Accepted: July 5, 2023

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำในระบบอะควาโปนิกส์ต่อการเจริญเติบโตของปลาแฟนซีคาร์พ (*Cyprinus carpio* var. *koi*) และคะน้าใบหยิก (*Brassica oleracea* ver. *acephala*) โดยมีอัตราการไหลของน้ำเป็นสิ่งทดลอง ประกอบด้วย 2,000(T1) 2,400(T2) และ 2,700(T3) ลิตรต่อชั่วโมง ตามวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ในการศึกษาได้เลี้ยงปลาในถังขนาด 1,000 ลิตร จำนวน 3 ซ้ำ (ถัง) โดยปล่อยปลาลงในแต่ละถังด้วยอัตราส่วน 100 ตัวต่อตารางเมตร ปลาที่ปล่อยมีน้ำหนักเฉลี่ย 100 กรัม ผักคะน้าใบหยิกปลูกในระบบอะควาโปนิกส์ ขนาด 1x5x0.20 เมตร^3 จำนวน 50 ต้นต่อชุด ดำเนินการประเมินอัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตของปลา พืช และคุณภาพของน้ำ ระยะเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของปลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) น้ำหนักเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดที่ T3 เท่ากับ 139.54±0.18 กรัม ในขณะที่กลุ่ม T2 และ T1 มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 136.43±0.21 กรัม และ 136.61±0.36 กรัม ตามลำดับ ผลผลิตปลาสุทธิ (กก.ต่อลบม.) มีค่าสูงสุดคือ T3 (12.46±0.08) รองลงมาคือ T2 (11.96±0.19) และต่ำสุดใน T1 (11.93±0.18) ในขณะที่อัตราการรอดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 87.33-89.33 % อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของ T3 (1.75±0.03) มีค่าสูงที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับสิ่งทดลองอื่นๆ แต่สิ่งทดลอง T2 (1.60±0.05) และ T1 (1.68±0.04) ไม่แตกต่างกัน ผลผลิตของผักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง โดยมีผลผลิตสด 14.22-14.41 กิโลกรัมและผลผลิตแห้ง 1.31-1.34 กิโลกรัม ระบบอะควาโปนิกส์

ลดปริมาณมลพิษของน้ำจากการเลี้ยงปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ พบว่า ปริมาณของ BOD_5 เท่ากับ 45.42–54.20 % สารแขวนลอยทั้งหมด เท่ากับ 68.11-70.61 % แอมโมเนียไนโตรเจน เท่ากับ 78.70–84.60 % ไนไตรท์ เท่ากับ 78.70–84.60 % ไนเตรท เท่ากับ 71.61-82.61 % และฟอสฟอรัสรวม เท่ากับ 54.72–57.90 % โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง จากการศึกษาสรุปได้ว่าอัตราการไหลมีผลในด้านการเจริญเติบโตของปลา การเจริญเติบโตของพืช และการกำจัดธาตุอาหาร ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดมลพิษมีแนวโน้มที่ดีที่สุดที่อัตราการไหลสูงที่สุดคือ 2,700 ลิตรต่อชั่วโมง

คำสำคัญ : ระบบอะควาโปนิกส์, ผักคะน้าใบหยิก, ปลาคาร์พ, อัตราการไหล, การกำจัดสารอาหาร

Abstract

This study aims to investigate effects of water flow rate in an aquaponics system on growths of fancy carp (*Cyprinus carpio* var. *koi*) and Curl leaf kale (*Brassica oleracea* ver. *acephala*). There were three different flow rates including 2000 (T1), 2,400 (T2) and 2,700 (T3) liters per hour, according to the completely randomized experimental design. The fish culture system consisted of three 1,000-liter tanks (replicates) containing a 100 fish/m^3 of which individual fish averagely weighed 100 g. The kale was planted in 1x5x0.20 m^3 aquaponic systems, having 50 kale plants per experimental set. Growth rate, productivity of the fish and the kale, as well as changes in water quality were assessed at the end of the 90-days trial period. Experimental results showed that the growth rates of the fancy carp among treatments were statistically significant different ($p<0.05$). The highest fish weight was found in T3 (139.54±0.18 g), meanwhile the values of T2 and T3 were 136.43±0.21 g and 136.61±0.36 g, respectively. Net fish production (kg m^{-3}) with the highest T3 (12.46±0.08), followed by T2 (11.96±0.19) and the lowest in T1 (11.93±0.18). Meanwhile the fish survival rates were not significantly between treatments, and these were in a range of 87.33-89.33%. The highest feed conversion ratio (FCR) was in T3 (1.75±0.03) and this was statistically different ($p<0.05$) from both T1 (1.68±0.04) and T2 (1.60±0.05), in which T1 and T2 were not statistically different. Yields of kale were not statistically different among treatments. The fresh weight yield was 14.20-14.41 kg. and dry weight yield was 1.31-1.4 kg. The aquaponics system can significantly reduce wastewater pollutions from hybrid catfish cultures. The removal efficiencies of BOD_5, TSS, TAN, NO_2-N, NO_3-N and TP were in the following ranges: between 45.42–54.20, 68.11-70.61, 78.70–84.60, 65.25- 72.17, 71.61-82.61 and 54.72–57.90 % respectively, and no statistical differences among treatments. From the study, it was concluded that all the flow rates had effects on fish growth, plant growth, and nutrient removal. The best pollution treatment efficiency was occurred at the highest flow rate i.e. 2,700 liters/hour.

Keywords: Aquaponic system, Fancy carp, Curl leaf kale, Waterflow rate, Nutrient removal

บทนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น (Intensive aquaculture) ทำให้น้ำที่เกิดจากการเลี้ยงมีของเสียจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและอาหารที่เหลือในปริมาณมาก ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ (organic matter) และแร่ธาตุ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่น ๆ จะเกิดการสะสมของแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจน กลุ่มแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสฟอรัส (Van Rijn *et al*., 2006) เมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีการปล่อยของเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์จำนวนมากลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลต่อคุณภาพน้ำทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำอย่างฉับพลัน ปัจจุบันมีการพัฒนานำระบบหมุนเวียนของน้ำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากขึ้น ซึ่งระบบนี้จะช่วยลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการปล่อยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ประหยัดน้ำและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง (water reuse or recycle system) ในระบบการหมุนเวียนน้ำ (Phetkhong and Phoosakul, 2017; Meesap *et al*., 2022) ระบบอะควาโปนิกส์ (aquaponics) เป็นการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยการทำงานร่วมกันของระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (aquaculture) และการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (hydroponic) โดยที่ 2 ระบบมีความสัมพันธ์กันโดยการเลี้ยงปลาจะมีการสะสมของแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นแนวคิดการนำน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมาใช้ในการปลูกพืช นอกจากจะเป็นการใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารที่สะสมอยู่แล้วยังเป็นการบำบัดน้ำ เพื่อให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้นและสามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำได้ (Filep *et al.,* 2016; Ahalya and Nanthakumaran, 2017; Roy *et al*., 2021) ซึ่งระบบหมุนเวียนได้รับการออกแบบในการเลี้ยงปลาในปริมาณมากต่อพื้นที่และใช้น้ำที่ค่อนข้างน้อย แล้วนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่หลังจากบำบัดน้ำและกำจัดของเสียที่เป็นพิษแล้ว ดังนั้นพืชผักจึงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในการปลูกร่วมในระบบอะควาโปนิกส์ เนื่องจากสามารถดูดซับสารอาหารปลาที่ละลายในน้ำซึ่งเป็นสาเหตุของน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (Dushenkov *et al.,* 1995) ผักคะน้าใบหยิกหรือผักเคล (Kale; *Brassica oleracea* ver. *acephala*) เป็นผักใบตระกูลกะหล่ำ (Brassicaceae) ปัจจุบันได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และได้รับความสนใจจากนักวิชาการ เนื่องจากอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive) เช่น วิตามินซี โพรวิตามินเอ กลูโคซิโนเลท สารประกอบฟีนอล ใยอาหาร มีธาตุอาหารรอง (ธาตุเหล็ก สังกะสี และแมงกานิส) และ ธาตุอาหารหลัก (แคลเซียม และ แมกนีเซียม) (Olsen *et al*., 2009) ช่วยยับยั้งการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (Kural *et al*., 2011) และมะเร็ง (Chung *et al*., 2002) จึงได้รับความนิยมและเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเทียบกับผักประเภทอื่น ๆ ในปริมาณที่เท่ากัน ในการศึกษาการปลูกผักคะน้าใบหยิกร่วมกับระบบอะควาโปนิกส์นั้น ได้มีการศึกษาการเลี้ยงปลาหลายชนิด โดยปลาที่นำมาเลี้ยงนั้นต้องเป็นปลาที่มีความอดทน เจริญเติบโตเร็ว สามารถจำหน่ายได้ดีที่อายุน้อยกว่า 1 ปี ในท้องตลาด และเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ช้า เช่น การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบอะควาโปนิกส์ (Rittiruk *et al*., 2013; 2014) การเลี้ยงปลานิลและปลาดุกร่วมกับปลูกผักคะน้าใบหยิกรวมกับผักชนิดอื่น (Afolabi, 2020; Arthanawa *et al.,* 2021) การศึกษาการออกแบบระบบอะควาโปนิกส์ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดได้โดยศึกษาปริมาณของไนเตรทร่วมกับผักกินใบ เพื่อศึกษาข้อกังวลกี่ยวกับการสะสมไนเตรท โดยการศึกษาผักสลัดคอส ผักชาร์ดสวิส และผักคะน้าใบหยิก และการศึกษาอัตราการไหลของน้ำในระบบอะควาโปนิกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาปลาดุกลูกผสมและคะน้าใบหยิก (Meesap *et al*., 2022) ปลาแฟนซีคาร์พ (Koi) เป็นปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมจากผู้เลี้ยงทั่วโลกมาเป็นเวลานาน กลายพันธุ์มาจากปลาไน (Carp : *Cypinus carpio*) ที่เกิดการผ่าเหล่ามาผสมพันธุ์กันจนเกิดเป็นปลาคาร์พที่มีสีสันสวยงามและมีสายพันธุ์เพิ่มขึ้น (Ninwichian *et al.,* 2020) และหากรูปร่างที่ได้มาตรฐานจะมีราคาสูงมาก ซึ่งเป็นสัตว์มงคลต่อผู้เลี้ยง เป็นที่ต้องการของตลาดปลาสวยงามทั้งในและต่างประเทศ (Meesap *et al.,* 2016) มี

การเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พในระบบอะควาโปรนิกส์มาเป็นเวลานาน และเป็นปลาที่มีความอดทนต่อคุณภาพน้ำได้ดี ในการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชในระบบอะควาโปนิกส์ที่จะประสบความสำเร็จนั้น ต้องการมีจัดการที่ดี การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทยนั้นมักจะมุ่งเน้นเกี่ยวกับความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลา (Ruengray *et al.*,2015) อัตราส่วนพื้นที่ปลูกและปริมาตรน้ำที่เหมาะสม (Leunloi *et al*., 2014) หรือชนิดของวัสดุกรองสำหรับระบบกรองชีวภาพ (Somboonchai *et a*l., 2008) เป็นต้น การเลี้ยงปลาในระบบอะควาโปรนิกส์นั้นถึงแม้ว่าการเติบโตของปลาจะเพิ่มขึ้นตามระดับของโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะสม แต่การตายของปลาก็เกิดขึ้นจากการสะสมของเสียในระบบน้ำที่เป็นพิษมากเกินไป การจัดการอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการปลดปล่อยมลพิษ หรือสมดุลกับการดูดไปใช้ของพืชจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น อย่างไรก็ตามการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบอะควาโปนิกส์โดยใช้น้ำหมุนเวียน ภายใต้อัตราการไหลต่างๆ ที่ผ่านมานั้นพบว่ามีการศึกษาอยู่จำนวนน้อย ซึ่งอัตราการไหลของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญสู่ความสำเร็จของระบบการผลิตหมุนเวียน คือ การใช้เทคนิคการบำบัดน้ำที่คุ้มค่า และช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำเป็นหนึ่งในกลยุทธ์การบำบัดน้ำด้วยพืชคุ้มค่าและเป็นประโยชน์ เนื่องจากน้ำที่อุดมด้วยสารอาหารซึ่งเป็นผลมาจากการเลี้ยงปลาเป็นแหล่งปุ๋ยธรรมชาติสำหรับพืชที่กำลังเติบโต การเคลื่อนที่ของน้ำเป็นพื้นฐานในการทำให้สิ่งมีชีวิตทั้งหมดมีชีวิตอยู่ในอะควาโปนิกส์ น้ำที่ไหลจะเคลื่อนจากบ่อปลาไปยังพืชในแปลงปลูกพืชเพื่อขจัดสารอาหารที่ละลายน้ำ (Somerville *et al.,* 2014) ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของศึกษานี้เพื่อศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลา พืช คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียในระบบอะควาโปนิกส์

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบระบบอะควาโปนิกส์แบบหมุนเวียนประกอบด้วยถังพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1x1x1 เมตร^3 มีความจุของน้ำปริมาตร 1,000 ลิตร จำนวน 9 ถัง (Figure1) โดยมีการเพิ่มปริมาณในระบบน้ำต่อวันประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ ที่อัตราการไหล 2,000 (T1), 2,400 (T2) และ 2,700(T3) ลิตรต่อชั่วโมง ดำเนินการคัดเลือกปลาแฟนซีคาร์พที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 100 กรัม อัตราการปล่อย 100 ตัวต่อตารางเมตร โดยให้อาหารเม็ดลอยน้ำที่มีโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ ให้ในอัตราส่วน 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน แบ่งให้วันละ 3 ครั้ง (เวลา 8.00, 11.00 และ 15.00 น.) จากการสุ่มน้ำหนักปลาชั่งน้ำหนักเก็บข้อมูลแต่ละตัวจำนวน 30 ตัว ทุกระยะเวลา 2 สัปดาห์ ประเมินอัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอด และผลผลิตรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะวลา 90 วัน ศึกษาร่วมกับการปลูกผักคะน้าใบหยิก (*Brassica oleracea* ver. *acephala*) โดยเพาะคะน้าใบหยิกลงในถ้วยปลูกขนาด 3.5 เซนติเมตร เป็นเวลา 15 วัน ด้วยระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique) ด้วยน้ำเปล่า เป็นระยะเวลา 21 วัน เมื่อความสูงของผักได้ขนาดใกล้เคียงกันที่ความสูงประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วจึงย้ายลงแปลง ภายในระบบอะควาโปนิกส์ ซึ่งใช้เพอร์ไลท์เป็นวัสดุปลูก โดยรางปลูกอะควาโปนิกส์ขนาดราง 1x5x0.40 เมตร ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร จำนวน 9 รางปลูกรวม 50 ต้นต่อกรรมวิธี สำหรับปริมาตรน้ำในรางปลูกนั้นมีความจุ 2,000 ลิตร (2 ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งจากอัตราการไหลของน้ำแต่ละกรรมวิธีนั้นจะทำให้ปริมาตรของน้ำไหลหมุนเวียนในระบบ 24 ชั่วโมงคือ 47.5, 57.6 และ 64 ลูกบาศก์เมตรต่อวันตามลำดับ หลังย้ายปลูกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ความยาวราก จำนวนใบ และความกว้างทรงพุ่มทุกสัปดาห์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยการสุ่มต้นคะน้าใบหยิกจำนวน 10 ต้น/ซ้ำ/ทรีตเมนต์ โดยดึงต้นคะน้าออกมาจากหลุมปลูก แล้วใช้ไม้บรรทัดวัดความสูงต้นจากบริเวณโคนต้นจนถึงปลายยอด วัดความยาวรากจาก

บริเวณโคนต้นจนถึงปลายรากที่ยาวที่สุด วัดความกว้างทรงพุ่มจากด้านซ้ายไปยังด้านขวา และนับจำนวนใบที่คลี่เต็มที่แล้วจึงนำต้นคะน้าใบหยิกปลูกลงในหลุมปลูกดังเดิม สำหรับผลผลิตคะน้า ใบหยิกนั้น หลังย้ายปลูกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ดำเนินการเก็บเกี่ยวสัปดาห์ละครั้ง โดยเก็บใบล่างที่โตเต็มที่ ใบมีสีเขียวอมเทา ใช้วิธีการหักก้านใบให้ชิดกับลำต้น จากนั้นนำใบไปชั่งน้ำหนักสดในแต่ละสัปดาห์ และนำใบไปอบด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักผลผลิตแห้ง โดยจะเก็บเกี่ยวอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ แล้วจึงนำผลผลิตแต่ละสัปดาห์มารวมกันเป็นผลผลิตสดและผลผลิตแห้ง ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 90 วัน

ดำเนินการทดลอง ณ มีทรัพย์ฟาร์ม ตำบลตั้งใจ อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ ห้องปฏิบัติการสาขาประมงและสาขาพืชศาสตร์ สิ่งทอและการออกแบบ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ ระหว่าง เดือน สิงหาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน 2565 (คำขอรับรองการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เลขที่ 03-66-005)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและปริมาณสารอาหาร

เปรียบเทียบผลของอัตราการไหลต่อคุณภาพน้ำ และประสิทธิภาพของการบำบัดสารอาหารในน้ำด้วยระบบอะควาโปนิกส์ โดยวิเคราะห์ค่า BOD_5 (Biochemical oxygen demand) แอมโมเนียไนโตรเจน (Total ammonia nitrogen; TAN) สารแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solid; TSS) ไนไตรท์ (Nitrite; NO_2-N) ไนเตรท (Nitrate; NO_3-N) และฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorous; TP) ในน้ำจากการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พไหลผ่านระบบไบโอฟิลเตอร์ (Biofilter) ณ จุดที่เข้าสู่ (Influent) แปลงปลูกผัก 1 จุด และที่น้ำออก (Effluent) จากแปลงปลูกพืช 1 จุด การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเป็นร้อยละ(%) โดยนำค่าที่ได้จากน้ำเข้าลบด้วยค่าที่ได้จากน้ำออก วิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่างช่วงการทดลอง สุ่มตัวอย่างระหว่างเวลา 8.30 น. ถึง 9.30 น. ของวันที่สุ่มตัวอย่างแต่ละครั้ง นำตัวอย่างน้ำไปแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ในขวดโพลีทีนที่ติดฉลากสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี อุณหภูมิของน้ำวัดโดยเทอร์โมมิเตอร์ และวัดค่า pH โดยใช้เครื่องวัด pH meter; YSI pH100 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) ความกระด้าง (Hardness) ความเป็นด่าง (Alkalinity) แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ทำการวิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐานของ APHA (2005) ส่วนค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC) วัดด้วย Conductivity meter; YSI EC300 ซึ่งทำการตรวจวิเคราะห์ทุก 2 สัปดาห์

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วงนำมาค่าเฉลี่ยและประเมินอัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย คุณภาพน้ำ ผลผลิตของปลาแฟนซีคาร์พ และผักคะน้าใบหยิก ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

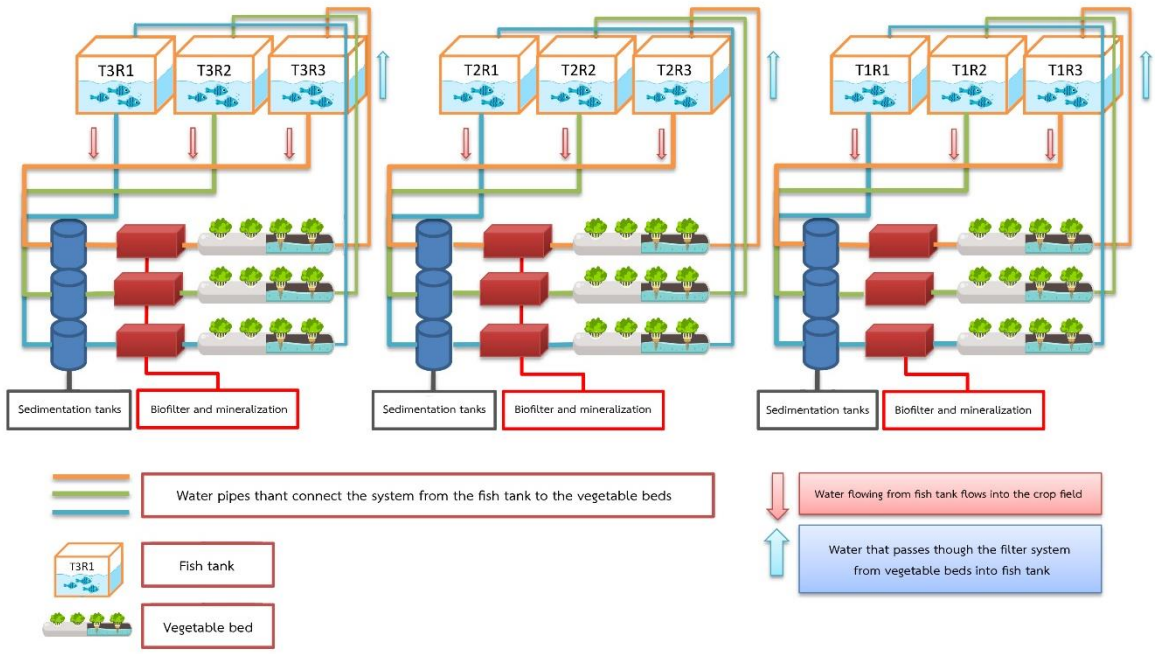

Figure 1 Layout of aquaponic recirculating system. Consists of fish tanks, growing beds, sedimentation tanks, biofilter and mineralization units.

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การเจริญเติบโตของปลา

ผลของอัตราการไหลของน้ำ 3 รูปแบบ ได้แก่ อัตราการไหล 2,000 (T1), 2,400 (T2) และ 2,700(T3) ลิตรต่อชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Table 1) พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาแฟนซีคาร์พในแต่ละรูปแบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำที่เพิ่มขึ้น ใน T3 (139.54±0.18 กรัม) ตามด้วย T2 (136.43±0.21 กรัม) และ T1(136.61±0.36 กรัม) ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน) และเป็นไปตามแนวโน้มเดียวกันกับการเพิ่มของผลผลิตสุทธิ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)ที่แสดงค่าสูงสุดใน T3 (12.46±0.08) รองลงมาคือ T2 (11.96±0.19) และต่ำสุดใน T1 (11.93±0.18) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) ในทุกกลุ่มการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาอัตราการไหลของน้ำในระบบอะควาโปนิกส์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาปลาดุกลูกผสมและคะน้าใบหยิก (Meesap *et al.*, 2022) แต่อัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างต่ำมากในระยะเวลาการเลี้ยง 90 วัน เนื่องจากปลาแฟนซีคาร์พนั้นต้องการพื้นที่ในการเลี้ยงที่สูงแม้จะเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนก็ตาม ซึ่งระดับความหนาแน่นมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตในการเลี้ยงระบบอะควาโปนิกส์ (Roy *et al.*, 2021) แม้ว่าปลาแฟนซีคาร์พจะเป็นปลาที่รักสงบไม่รังแกหรือทำร้ายกันเองก็ตาม ดังนั้นหลักพิจารณา เช่น การเพิ่มออกซิเจนในกระแสน้ำ คุณสมบัติของน้ำ และจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้เหมาะสม อาจช่วยให้ปลามีชีวิตอยู่รอดได้เพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่าจะทำ ให้ปลาโตและสมบูรณ์ได้ดีเพิ่มขึ้นด้วยทุกครั้ง อัตราการไหลที่ต่างกันไม่มีผลต่ออัตราการรอดของปลาในแต่ละกลุ่มปลาทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ T3 (89.33±0.68 เปอร์เซ็นต์), T2 (87.67±1.53 เปอร์เซ็นต์) และ T1 (87.33±1.53 เปอร์เซ็นต์) อาจเนื่องมาจากปลามีขนาดใหญ่ และคุณภาพน้ำเหมาะสมในการดำรงชีวิต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปลาในกลุ่มที่เลี้ยงในอัตราการไหลของน้ำที่แตกต่างกัน ก็พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยมีค่าดีที่สุด คือ T_2

(1.60±0.05) ซึ่งไม่แตกต่างกับ T_1 (1.68±0.04) และไม่แตกต่างกับ T_3 (1.75±0.03) ซึ่งมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงที่สุด

ผลผลิตของผักคะน้าใบหยิก

ผลผลิตของพืชเป็นอีกประเด็นที่สำคัญในระบบอะควาโปนิกส์ ในการศึกษานี้ ผักคะน้าใบหยิกปลูกบนรางปลูกในระบบ และได้รับน้ำจากการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ ในอัตราการไหลที่แตกต่างกันสามแบบ ในการศึกษานี้ การเจริญเติบโตของผักคะน้าใบหยิกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง (Table 1) ความสูงเฉลี่ยของผักคะน้าใบหยิกที่มีการตอบสนองดีต่ออัตราการไหลที่ช้าคือ อัตราการไหลอัตราการไหล 2,000 (T1), และ 2,400 (T2) ลิตรต่อชั่วโมง สูงกว่า อัตราการไหล 2,700(T3) ลิตรต่อชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ คือ 14.40±0.10, 14.51±0.21 และ 12.02±0.57 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความยาวเฉลี่ยของราก มีค่าเท่ากับ 16.07±0.44, 15.91±0.38, และ 12.73±0.49 เซนติเมตร ตามลำดับ รวมถึงองค์ประกอบผลผลิตในด้านอื่น ๆ ก็มีแนวโน้มในการตอบสนองต่ออัตราการไหลที่ช้าดีกว่าอัตราการไหลเร็วเช่นเดียวกัน ได้แก่จำนวนใบต่อต้นของชุดการทดลอง T1, T2 และ T3 มีค่าเฉลี่ย 13.48±0.23, 13.54±0.11 และ 12.56±0.03 ใบต่อต้น ส่วนความกว้างทรงพุ่มของผักคะน้าหลังการเก็บเกี่ยวก็พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอัตราการไหลช้า 2 อัตราแรก (T1 และ T2) จะมีค่าสูงกว่าอัตราการไหลเร็ว (T3) คือ 14.27±030, 13.99±0.21, และ 11.81±0.30 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าคะน้าใบหยิกมีผลผลิตสดและผลผลิตแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 ระดับอัตราการไหลของน้ำ โดยพบว่ามีผลผลิตสดระหว่าง 14.16-14.41 กิโลกรัม (โต๊ะปลูกขนาด 5 ตารางเมตร) และมีผลผลิตแห้งระหว่าง 1.31-1.34 กิโลกรัม/โต๊ะปลูก (5 ตารางเมตร) ซึ่งอัตราการไหล 2,400 ลิตร/ชั่วโมง (T2) นั้น มีแนวโน้มให้ผลผลิตสดมากกว่าอัตราการไหลอื่นๆ คือ 14.41 กิโลกรัม ส่วนอัตราการไหล 2,700 ลิตร/ชั่วโมงนั้น มีแนวโน้มให้ผลผลิตแห้งมากกว่าอัตราการไหลอื่นๆ คือ 1.34 กิโลกรัม) ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า EC ของสารละลายในแต่ละทรีตเมนต์ มีค่าระหว่าง 0.7-1.1 mS/cm. แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารนั้นไม่ได้มีความแตกต่างกันในแต่ละระดับความเร็วในการไหล จึงส่งผลให้คะน้าใบหยิกมีผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ควรพิจารณาอีกอย่างหนึ่งคืออัตราส่วนการใช้อาหารที่เหมาะสมมักจะขึ้นอยู่กับปริมาตรของน้ำในระบบทั้งหมด ซึ่งจะมีผลต่อความเข้มข้นของแร่ธาตุในระบบอะควาโปนิกส์ระบบรากแช่ลึก ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำจะอยู่ในพื้นที่ของแปลงปลูกพืช ในขณะที่อะควาโปนิกส์แบบรากยึดกับแบบรากแช่ตื้น แปลงพืชจะมีน้ำอยู่น้อยกว่า ตามทฤษฎีในระบบที่ผลิตปลาและพืชจำนวนที่เท่ากันอัตราการให้อาหารปลา 100 กรัมต่อตารางเมตร จะทำให้ความเข้มข้นรวมของแร่ธาตุในระบบรากแช่ลึกสูงกว่าระบบรากยึดและของระบบรากแช่ตื้นเกือบ 4 เท่า แต่มวลรวมของแร่ธาตุจะเท่ากัน ความเข้มข้นของแร่ธาตุที่อยู่นอกช่วงที่เหมาะสมจะมี ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น อัตราส่วนการออกแบบที่เหมาะสมนั้นขึ้นกับประเภทของแปลงปลูกพืชที่ใช้ในระบบรากยึดกับระบบรากแช่ตื้น ควรจะมีอัตราการให้อาหาร 25 เปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนที่แนะนำให้ใช้กับระบบรากแช่ (Pengseng, 2013) เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของคะน้าใบหยิกในระบบอควาโปนิกส์ในครั้งนี้กับการศึกษาของ Verruma-Bernardi *et al*. (2021) ที่ปลูกคะน้าใบหยิกในดินและให้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เห็นได้ว่าผลผลิตคะน้าใบหยิกในระบบอควาโปนิกส์มีผลผลิตน้อยกว่าการปลูกในดินที่มีการให้ปุ๋ยอย่างชัดเจน อาจเนื่องมาจากการปลูกในดินร่วมกับการให้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ นั้น คะน้าใบหยิกได้รับธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองมากกว่าการปลูกในระบบอควาโปนิกส์

การบำบัดค่าคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงของสารอาหาร

อุณหภูมิ(Temperature) ของน้ำระหว่างช่วงการศึกษาจะอยู่ในช่วง 27.2– 28.8 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่มีความแตกต่างระหว่าง กลุ่มการทดลอง (Table 2) ค่า pH จะแปรผันภายในช่วง 7.16–7.68 ในการศึกษานี้มีการเพิ่มปริมาณในระบบน้ำต่อวันประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดแทนการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยและการคายน้ำของผักคะน้าใบหยิก ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Hussain *et al.* (2014) ที่รายงานว่าการสูญเสียของน้ำเฉลี่ยต่อวันในระบบอะควาโปนิกส์อยู่ที่ประมาณ 6.6 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ McMurtry *et al.* (1997) ที่แนะนำให้ใช้อัตราการเปลี่ยนน้ำอยู่ระหว่าง 1.2 ถึง 4.7 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เฉลี่ยสูงสุดพบในระบบทดลองที่มีอัตราการไหลสูงสุด (T_3, 2,700 ลิตรต่อชั่วโมง) มีค่า 5.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามด้วย T2 และ T1 (4.82 และ 4.54 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ การควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความสำคัญต่อสุขภาพของปลาและจุลินทรีย์ในระบบกรองชีวภาพ (Somerville *et al.*, 2014) แนะนำว่าควรรักษาระดับออกซิเจนละลายน้ำให้ไม่ต่ำกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อการเจริญเติบโตที่เหมาะสมของปลาในเขตร้อน ในขณะที่การทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม Nitrifying bacteria ที่ทำการเปลี่ยนแอมโมเนียที่เป็นอันตรายไปเป็นไนเตรทที่ก็ต้องการปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมเช่นกัน ซึ่งระดับเหมาะสมดังกล่าวต้องไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (Masser *et al.*, 1999) ในการทดลองนี้ พบว่าระดับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในทุกกลุ่มการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการทดลอง

อัลคาไลนิตี้ (Alkalinity) มีค่าอยู่ระหว่าง 40.41–52.32 มิลลิกรัมต่อลิตร และความกระด้าง (Hardness) มีค่า 31.28-34.21 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอัตราการไหลของน้ำไม่มีผลทำให้ค่าเหล่านี้แตกต่างกันอย่างชัดเจน ความกระด้างจากคาร์บอเนต หรืออัลคาไลนิตี้ ของน้ำในระบบอะควาโปนิกส์ จัดว่าเป็นสิ่งจำเป็น เพราะว่าความกระด้างที่เหมาะสมจะทำช่วยรักษาค่า pH ให้คงที่ หากค่าอัลคาไลนิตี้ไม่เพียงพอ จะทำให้มีการผันผวนของค่า pH อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะส่งผลเสียต่อระบบและต่อปลาและการใช้ประโยชน์จากสารอาหารของพืช (Bregnballe, 2015) อย่างไรก็ตาม Somerville *et al.* (2014) ได้แนะนำว่าระดับความกระด้างที่เหมาะสมของน้ำในระบบอะควาโปนิกส์คือประมาณ 60–140 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นค่าค่าอัลคาไลนิตี้ และความกระด้างในการทดลองนี้มีค่าต่ำไปเล็กน้อย สมควรที่จะได้รับการปรับให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้นได้ ซึ่งน่าจะส่งผลต่อผลผลิตปลาและผักคะน้าใบหยิกให้สูงขึ้นได้

ค่า EC (Electrical Conductivity) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.7-1.1 mS/cm. ค่า EC นอกจากจะแสดงถึงปริมาณสารอาหารที่ สำหรับพืชแล้ว ยังเป็นปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกลไกทางออสโมซีส ในการการดูดซึมน้ำของพืชด้วย (Somerville *et al.*, 2014) ค่า EC ในระบบทดลองนี้ ค่อนข้างจะคงที่ซึ่งแสดงถึง ความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำอยู่ในระดับที่ปกติตลอดช่วงเวลาทดลอง

อัตราการไหลของน้ำทั้ง 3 อัตรา สามารถบำบัดไนเตรทไนโตรเจน (NO_3-N) ได้เป็นอย่างดีในช่วง 65.25–72.17 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารอาหารประเภทไนเตรทที่เกิดขึ้นในระบบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและจากปุ๋ยที่ปนเปื้อนได้ถูกบำบัด และนำไปใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ ไนเตรทไนโตรเจนสะสมในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอันเป็นผลมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification) และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการผลิตปลาและพืชก็สามารถกำจัด ไนเตรทไนโตรเจนได้ในอัตราดังกล่าว ในการศึกษานี้ การกำจัด ไนเตรทโดยรวมของน้ำในระบบอะควาโปนิกส์ลดปริมาณลงตามสัดส่วนตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น พบว่าอัตราการไหลที่ 2,700 ลิตรต่อชั่วโมง มีอัตราการขจัดสูงสุดประมาณ 71.61 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Endut *et al.* (2009) ที่พบว่าอัตราการขจัดไนเตรท มีความสัมพันธ์เชิง

บวกกับอัตราการไหลของน้ำ และ Sanguandeekul *et al*.(2014) พบว่าค่าการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงปลานิลแดง โดยการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในระบบอะควาโปนิกส์สามารถลดค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส บีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เกิดจากการเลี้ยงปลาได้

ค่า BOD_5 ซึ่งหมายถึงปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ ความเข้มข้นของ BOD_5 ในระบบเพิ่มขึ้นเนื่องจากการปลดปล่อยอินทรียวัตถุที่ละลายและสะสมออกจากเมล็ดพืชที่กำลังพัฒนาและอาหารปลาที่เหลือ (Viadero *et al.,* 2005) รวมทั้งจากของเสียที่ขับออกจากตัวปลา เป็นแหล่งสำคัญของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการผลิต พบว่าค่า BOD_5 ลดลงที่ 45.42–54.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าอัตราการบำบัดมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำ เช่นเดียวกับการศึกษาในปลานิลแดงร่วมกับแตงกวาญี่ปุ่นสามารถลดได้ 33 เปอร์เซ็นต์ (Sanguandeekul *et al*., 2014)

การกำจัด TAN (total ammonia nitrogen) ในน้ำหมุนเวียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ 78.70 - 84.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการศึกษาในปลานิลแดงร่วมกับแตงกวาญี่ปุ่นสามารถลดได้เพียง 53 เปอร์เซ็นต์ (Sanguandeekul *et al*., 2014) ซึ่งการขจัด TAN นี้มีแนวโน้มว่าเป็นผลมาจากอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่สูงขึ้น แม้ว่าจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่าTAN คือปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในรูปของ NH_3 และ NH_4^+ ในน้ำ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ความเข้มข้นของ TAN ต้องน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (Somerville *et al.,* 2014) ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่เก็บจากตำแหน่งที่น้ำไหลออก (Effluent) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.11-0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าอยู่ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาทดลอง

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ในแต่ละอัตราการไหล จะเห็นได้ว่าจากการทดลองค่าความเข้มข้นของ TP ลดลงจากเดิม ณ จุดที่น้ำเข้ามีค่าระหว่าง 8.93 -10.20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 3.73-4.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ณ จุดที่น้ำออก (Table 3) ซึ่งลดลงอย่างมีประสิทธิภาพ 54.72 – 57.90 เปอร์เซ็นต์ โดยที่การศึกษาในปลานิลแดงร่วมกับแตงกวาญี่ปุ่นสามารถลดได้เพียง 38 เปอร์เซ็นต์ (Sanguandeekul *et al*., 2014) ซึ่งเป็นผลมาจากจากอัตราการไหล ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างอัตราการไหล เศษอาหารและมูลจากปลาเป็นแหล่งสำคัญของฟอสฟอรัสในน้ำ ในน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งเป็นทั้งฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ ทั้งในรูปแบบอินทรีย์และอนินทรีย์ (Tucker and Boyd, 1985) อัตราการบำบัดค่าคุณภาพน้ำและพารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี ของน้ำที่อัตราการไหลต่าง ๆ (Table 3 ; Figure 2) พบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD_5, TSS, TAN และ nitrite-N มีการบำบัดได้ดีขึ้นตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบของความเข้มข้นของน้ำที่เข้าสู่ระบบ (Influent) และน้ำที่ไหลออก (Effluent) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในขณะที่ปอร์เซ็นต์การบำบัด TP สูงขึ้นเล็กน้อยอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาในปลานิลแดงร่วมกับแตงกวาญี่ปุ่นสามารถลดได้ 33 เปอร์เซ็นต์ (Sanguandeekul *et al*., 2014)

Table 1 Fancy carp and Curl leafed kale productions under the different water flow rates in an aquaponic system.

Measures	water flows ratios (L/hr.)		
	2,000(T_1)	2,400(T_2)	2,700(T_3)
Fancy carp			
Initial weight (g $fish^{-1}$)	99.97±010^{a}	100.05±0.14^{a}	99.99±0.05^{a}
Final weight gain (g $fish^{-1}$)	136.61±0.36^{b}	136.43±0.21^{b}	139.54±0.18^{a}
Growth rate (g day^{-1})	0.40±0.01^{b}	0.40±0.01^{b}	0.44±0.00^{a}
Net production (kg m^{-3})	11.93±0.18^{b}	11.96±0.19^{b}	12.46±0.08^{a}
Survival rate (%)	87.33±1.53^{a}	87.67±1.53^{a}	89.33±0.68^{a}
FCR	1.68±0.04^{ab}	1.60±0.05^{a}	1.75±0.03^{b}
Curl leafed kale			
Shoot Height (cm)	14.40±0.10^{a}	14.51±0.21^{a}	12.02±0.57^{b}
Root length (cm)	16.07±0.44^{a}	15.91±0.38^{a}	12.73±0.49^{b}
No. of leaf/shoot	13.48±0.23^{a}	13.54±0.11^{a}	12.56±0.03^{b}
Canopy width (cm)	14.27±030^{a}	13.99±0.21^{a}	11.81±0.30^{b}
Fresh Yield (kg)	14.16±2.86^{a}	14.41±2.70^{a}	14.22±2.85^{a}
Dry Yield (kg)	1.31±0.33^{a}	1.33±0.35^{a}	1.34±0.33^{a}

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

MAEJO UNIVERSITY
FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

Table 2 The water qualities in fancy carp tanks at different water flow rates.

Parameters	Water flow rates (L/hr.)		
	2,000(T_1)	2,400(T_2)	2,700(T_3)
pH	7.16 – 7.48	7.58 – 7.63	7.32 – 7.62
Dissolved oxygen (mg/L)	4.28 – 4.54	4.29 – 4.82	4.32 – 5.12
Temperature(^{o}C)	27.4 – 28.8	27.5 – 28.4	27.2 – 28.8
Total alkalinity (mg-$CaCo_3$/L)	41.18 – 51.43	41.93 – 52.32	40.41 – 50.54
Total hardness (mg-$CaCo_3$/L)	31.28 – 33.46	31.34 – 33.63	31.43 – 34.21
Electrical conductivity (mS/cm)	0.7 – 1.0	0.8 – 1.1	0.8 – 1.1

Table3 Mean values and percentage removal of water quality variables at various flow rates.

Parameters	Flowrates (L/hr.)	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	Removal (%)
BOD_5	2,000(T_1)	4.23±0.21^{a}	2.30±0.20^{a}	45.42±7.44^{a}
	2,400(T_2)	4.67±0.25^{a}	2.13±0.06^{a}	54.20±2.58^{a}
	2,700(T_3)	4.23±0.51^{a}	2.23±0.06^{a}	46.72±6.50^{a}
TSS	2,000(T_1)	49.83±1.36^{a}	14.66±2.08^{a}	70.61±3.67^{a}
	2,400(T_2)	53.07±3.97^{a}	16.86±0.15^{a}	68.11±2.06^{a}
	2,700(T_3)	48.70±0.90^{a}	14.43±1.50^{a}	70.32±3.62^{a}
TAN	2,000(T_1)	0.62±0.15^{a}	0.12±0.02^{a}	78.70±8.95^{a}
	2,400(T_2)	0.55±0.16^{a}	0.10±0.02^{a}	80.33±6.63^{a}
	2,700(T_3)	0.71±0.19^{a}	0.10±0.15^{a}	84.60±2.25^{a}
NO_2N	2,000(T_1)	0.24±0.07^{a}	0.08±0.20^{a}	65.25±8.50^{a}
	2,400(T_2)	0.23±0.02^{a}	0.07±0.01^{a}	71.36±2.91^{a}
	2,700(T_3)	0.18±0.02^{a}	0.05±0.15^{b}	72.17±4.90^{a}
NO_3N	2,000(T_1)	14.63±0.91^{a}	4.13±0.31^{a}	71.61±3.80^{a}
	2,400(T_2)	13.41±1.10^{a}	3.70±1.80^{a}	71.91±9.50^{a}
	2,700(T_3)	12.80±0.07^{a}	2.23±0.21^{b}	82.61±1.10^{a}
TP	2,000(T_1)	10.20±0.90^{a}	4.60±0.20^{a}	54.72±3.62^{a}
	2,400(T_2)	9.03±1.37^{a}	3.93±0.12^{b}	55.91±5.43^{a}
	2,700(T_3)	8.93±1.11^{a}	3.73±0.12^{b}	57.90±3.89^{a}

Note : Values with different superscripts of each parameter in the same column are significantly different ($p<0.05$)

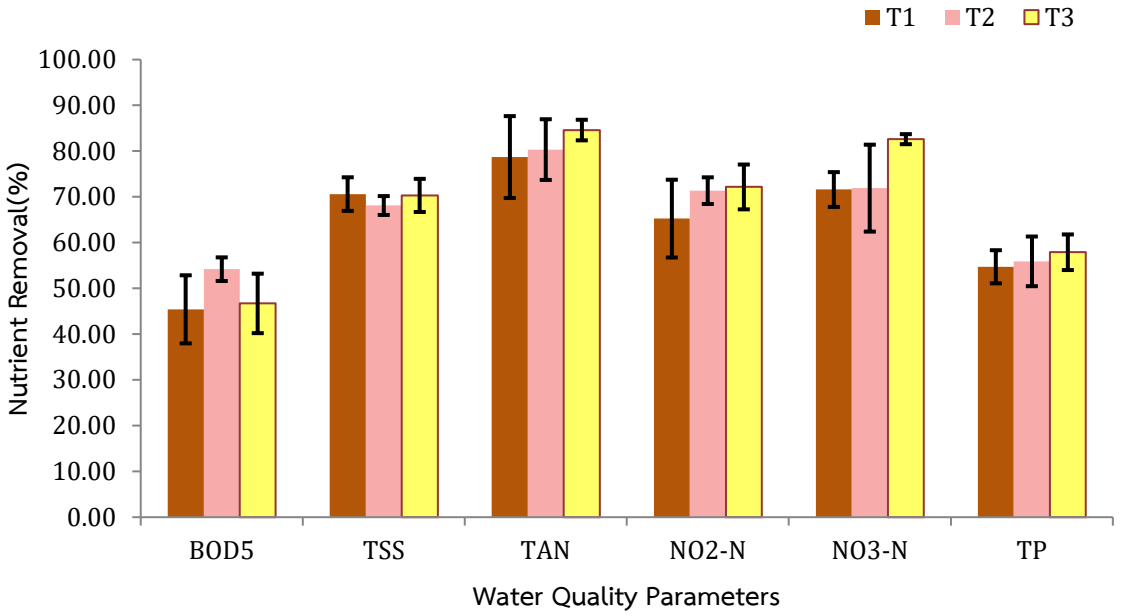

Figure 2 Percentage removals of water quality parameters at various flow rates in aquaponic system of fancy carp.

บทสรุป

จากการศึกษาสรุปได้ว่าที่อัตราการไหล 2,000 (T1), 2,400 (T2) และ 2,700(T3) ลิตรต่อชั่วโมง มีผลในแง่ของการเจริญเติบโตของปลาแฟนซีคาร์พ ทั้งในด้านอัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตสุทธิ โดยมีค่าสูงสุดในอัตราการไหลที่สูงที่สุด และรองลงมาตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำระบบอะควาโปนิกส์ที่มีการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พส่งผลให้ผักคะน้าใบหยิกมีการเจริญเติบโตได้ดีและตอบสนองเชิงบวกต่อการปลูกโดยใช้น้ำเสียจากระบบการเลี้ยงปลา ในแง่ของการเจริญเติบโตและการผลิตชีวมวลในแนวทางที่ตรงกันข้ามกับผลผลิตปลา โดยพบว่า ความสูงของต้นเฉลี่ยที่เก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 12-16 เซนติเมตร และช่วงให้ผลผลิตสด 14.16-14.41 กิโลกรัมต่อรางปลูก ซึ่งพบว่าการเจริญเติบโตของพืชสูงที่สุดที่อัตราการไหลของน้ำที่ต่ำที่สุดคือ 2,400 ลิตรต่อชั่วโมง ผักคะน้าใบหยิกที่ปลูกในระบบอะควาโปนิกส์สามารถลดปริมาณมลพิษของน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ ได้ดี โดยมีค่า BOD_5, TSS, TAN, NO_2-N, NO_3-N และ TP อยู่ในช่วง 45.42–54.20, 68.11-70.61, 78.70–84.60, 65.25- 72.17, 71.61-82.61 และ 54.72–57.90 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของพืชดีที่สุดเกิดขึ้นที่อัตราการไหล 2,000 ลิตรต่อชั่วโมง โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดมลพิษทั้ง 3 อัตราการไหลไม่มีความแตกต่างกัน ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าระบบอะควาโปนิกส์ มีส่วนสำคัญในการลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ประโยชน์จากของเสียทางชีวภาพที่เกิดจากระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อการผลิตพืชผักระบบอินทรีย์ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ และมีทรัพย์ฟาร์ม ตำบลตั้งใจ อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ ที่ได้สนับสนุนงบประมาณการวิจัย อุปกรณ์การวิจัย และสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

APHA. 2005. Standards methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. APHA, Washington DC, USA.

Afolabi, K. A. 2020. Productivity of Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Culture in Aquaponic Systems. M.Sc. Thesis. The American University in Cairo, AUC Knowledge Fountain.

Ahalya, A. and Nanthakumaran, A. 2017. Production of Leafy vegetables in a recirculating aquaponic system using common carp effluent. Available : https://www.researchgate.net/publication/341477577.

Arthanawa, I.G.N., Astiko, I.N. Yana, D.P.S. and Darmawan, I.K. 2021. Utilization of biofloc system catfish pond Waste nutrients in the cultivation of Kale, Spinach, Pakcoy, and Lettuce Using the Aquaponic. System. Sustainable Environment Agricultural Science (SSEA). 5(1): 66-71.

Bregnballe J. 2015. A Guide to Recirculation Aquaculture. An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and EUROFISH International Organization.

Chung, M.J., Lee, S.H. and Sung, N.J. 2002. Inhibitory effect of whole strawberries, garlic juice or kale juice on endogenous formation of N-nitrosodimethylamine in humans. Cancer Letters. 182(1): 1-10.

Dushenkov, V., Kumar, P., Motto, H. and Raskin, L. 1995. Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. Environ Sci Technol. 19: 1239–1245.

Enduta, A., Jusoh, A., Ali N., Wan Nik, W.N.S. and Hassan, A. 2009. Effect of flow rate on water quality parameters and plant growth of water spinach (*Ipomoea aquatica*) in an aquaponic recirculating system. Desalination and Water Treatment. 5: 19–28.

Filep, R.M., Diaconescu, S., Costache, M., Stavrescu-Bedivan, M., Badulescu, L. and Nicolae, C.G. 2016. Pilot Aquaponic Growing System of Carp (*Cyprinus carpio*) and Basil (*Ocimm basilicum*). Agriculture and Agricultural Science Procedia. 10 (2016): 255 -260.

Hussain, T., Verma, A. K., Tiwari, V. K., Prakash, C., Rathore, G., Shete, A. P. and Saharan, N. 2014. Effect of water flow rates on growth of Cyprinus carpio var. koi (*Cyprinus carpio* L., 1758) and spinach plant in aquaponic system. Aquacult Int DOI 10.1007/s10499-014-9821-3.

Kural, B.V., Kucuk, N., Balaban, Y. and Orem, A. 2011. Effects of kale (*Brassica oleracea*) leave extracts on the susceptibility of very low- and low-density lipoproteins to oxidation. Indian Journal of Biochem and Biophy. 2: 361-364.

Leunloi, W., Pengseng, P., Chotipunt, P. and Maneepong, S. 2014. Effect of plant bed and water volume ratios on productions of water convolvulus (*Ipmoea aquatic* Forsk), nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), and water quality in aquaponics system. Journal of Fisheries Technology Research. 8(2): 10-19. [in Thai]

Masser, M.P., Rakocy, J. and Losordo T.M. 1999. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems Management of Recirculating Systems. SRAC Publication No. 452. The Southern Regional Aquaculture Center through Grant No. 94-38500-0045 from the United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education, and Extension Service.

Meesap P., Phimchan P., Kasamawut K. and Saowakoon S. 2022. Effect of water flow rates on growth of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x C. gariepinus*), Curl leaf kale (*Brassica oleracea var.acephala*) and water quality parameters in aquaponic recirculating system. Agriculture and Technology Journal. 8 (2): 97-109. [in Thai]

Meesap, P., Saowakoon, S., Saowakoon, K. and Ngamsnae, P. 2016. Effect of Tomato as Feed Supplement on Colour Enhancement Potential and Growth of Fancy Carp (*Cyprinus carpio*). pp. A123-A127. *In* 8thRajamangala Surin National Conference. Rajamangala Univwersiry of Technology, Surin Campus. [in Thai]

McMurtry, M.R., Sanders, D.C., Cure, J.D., Hodson, R.G., Haning, B.C. and St Amand, P.C. 1997. Efficiency of water use of an integrated fish/vegetable co-culture system. J World Aquaculture Soc. 28:4 20–428.

Ninwichian, P., Chookird, D. and Phuwan, N. 2020. Effects of dietary supplementation with natural carotenoid sources on growth performance and skin coloration of fancy carp, *Cyprinus carpio* L. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 19 (1): 167 – 181.

Olsen, H., Aaby, K, and Borge, G.I.A. 2009. Characterization and Quantification of Flavonoids and Hydroxycinnamic Acids in Curly Kale (*Brassica oleracea* L. Convar. *acephala* Var. *sabellica*) by HPLC-DAD-ESI-MS^{n}. J. Agric. Food Chem. 57(7): 2816–2825.

Pengseng, P. 2013. Aquaponics: productions of agriculture for sustainable. Suksaphanpress, Bangkok. [in Thai]

Phetkhong, C. and Phoosakul, S. 2017. System and equipment design for organic hydroponic according to sufficiency economy. RSUJET. 20(1): 21-28. [in Thai]

Rittiruk, U., Sanguandeekul, S. and Rakseree, S. 2013. The research and development in aquaponic system for recycling wastewater of hybrid catfish culture. The journal of Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal. 6(1): 103-112. [in Thai]

Rittiruk, U., Sanguandeekul, S. and Rakseree, S. 2014. Effects of density on growth performance and yield of walking catfish, *Clarias macrocephalus* - *gariepinus* in Aquaponic System. The journal of Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal. 7(2): 77-86. [in Thai]

Roy, P., Nadia, Z.M., Hossain, M. and Salam, M.A. 2021. Tilapia Density-dependent Cowpea Production Potential in Aquaponics. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries. 25(2): 973 – 994.

Ruengray, P., Wanichpongpan, P. and Attasat, S. 2015. The Effects of Plant Ratios on the Performance of Recirculating Aquaponic System. Pp.99-110. *In* 15th Invitation to Participate National and International Conference on Interdisciplinary Research for Sustainable Community.

Sanguandeekul, S., Rittiruk, U. and Rakseree, S. 2014. Growth and Yield of Japanese Cucumber in Aquaponics System. Agricultural Science Jouranl. 45(2)(Suppl.) : 701-704. [in Thai]

Somboonchai, S., Chaibu, P., Mangumphan, K. and Tancho, A. 2008. A Study on biological filter materials for culturing hybrid catfish system with hydroponics system. Journal of Fisheries Technology Research. 2(1): 55-65. [in Thai]

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus A. and Lovatelli, A. 2014. Small-scale aquaponic food Production; Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, Italy.

Tucker, C.S. and Boyd, C.E. 1985. Water quality, channel catfish culture. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, Netherlands.

Viadero, R.C., Cunningham, J.H., Semmens, K.J. and Tierney, A.E. 2005. Effluent and production impacts of flow through aquaculture operations in West Virginia. Aquaculture. Eng. 33: 258–270.

van Rijn, J., Yossi, T. and Schreier, H.J. 2006. Denitrification in recirculation systems: Theory and Applications. Aquacultural Engineering. 34: 364-376.

Verruma-Bernardi, M.R., Pimenta, D.M., Levrero, G.RR., Forti, V.A., Medeiros, S.DS., Ceccato-Antonini, S.R., Covre, E.A., Ferreira, M.D., Moret, R., Bernardi, A.CC. and Sala, F.C. 2021. Yield and quality of curly kale grown using organic fertilizers. Horticultura Brasileira. 39: 112-121.

ความหนาแน่นและประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

Density and types of microplastics in sediments along the coast of the eastern Gulf of Thailand

เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล[1*], อุมาพร พลายระหาร[2], ชลี ไพบูลย์กิจกุล[1]

Benjamas Paibulkichakul[1*], Aumaporn Phlayrahan[2], Chalee Paibulkichakul[1]

[1]คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี

[2]คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี

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

[2]Faculty of Gems, Burapha University Chanthaburi Campus, Chanthaburi Province

[*] Corresponding author: benjamas@buu.ac.th

Received: Aug 10, 2023

Revised: Aug 16, 2023

Accepted: Aug 24, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาแน่นและประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อนและฤดูฝน ระหว่างเดือนเมษายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2564 ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินสถานีละ 3 ซ้ำจากจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี โดยจังหวัดชลบุรีและระยอง เก็บตัวอย่างจังหวัดละ 3 สถานี ส่วนจังหวัดจันทบุรีเก็บ 4 สถานี เก็บตัวอย่างดินตะกอนห่างจากชายฝั่งทะเล 1 กิโลเมตร โดยใช้ Petersen grab ทำการสกัดไมโครพลาสติกออกจากดินตะกอนด้วยวิธี Masura *et al*. (2015) จำแนกลักษณะรูปร่างด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคปกำลังขยาย 40X ยี่ห้อ Olympus รุ่น SZX7 และจำแนกประเภทโพลิเมอร์ของไมโครพลาสติกโดยใช้ FT-IR

ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนสถานีจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี เท่ากับ 31.13±10.97, 64.6±57.18 และ 37.71±12.27 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ ไมโครพลาสติกสถานีจังหวัดระยองมีความหนาแน่นสูงกว่าบริเวณจังหวัดชลบุรีและจันทบุรีอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนระหว่างฤดูร้อน (86.20±38.00 ชิ้นต่อตารางเมตร) และฤดูฝน (31.10 ± 25.20 ชิ้นต่อตารางเมตร) มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ลักษณะรูปร่างของไมโคร พลาสติกส่วนใหญ่เป็นลักษณะเส้นใย (61.0%) สำหรับประเภทโพลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบในดินตะกอนได้แก่ Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), Polystyrene (PS) และพลาสติกประเภทอื่น ๆ ในสัดส่วน 47.5, 16.4, 4.9 และ 31.1% ตามลำดับ จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกมีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับชายฝั่งทะเลของหลายประเทศ

คำสำคัญ: ความหนาแน่นไมโครพลาสติก, ประเภทไมโครพลาสติก, ดินตะกอน, ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

Abstract

The objective of this research was to examine the density and types of microplastics present in the coastal sediment along the eastern coast of the Gulf of Thailand in the summer and the rainy seasons during April to July, 2021. Sediment samples were collected with three replicates per station from Chonburi, Rayong, and Chanthaburi Provinces. Chonburi and Rayong collected three stations per province, while Chanthaburi collected four stations. The samples were collected 1 kilometer away from the coastline using a Petersen grab. The microplastics were extracted using the method described by Masura *et al*. (2015). The morphological characteristics were analyzed using an Olympus SZX7 microscope at 40X magnification, and the polymer types of microplastics were identified using FT-IR.

The study demonstrated that the density of microplastics in the sediment of Chonburi, Rayong, and Chanthaburi Provinces was 31.13 ± 10.97, 64.6 ± 57.18, and 37.71 ± 12.27 item m^{-2}, respectively. Rayong Province exhibited significantly higher microplastic density than Chonburi and Chanthaburi Provinces ($p<0.05$). The density of microplastics in the sediment varied between the summer season (86.20 ± 38.00 item m^{-2}) and the rainy season (31.10 ± 25.20 item m^{-2}), but the difference was not statistically significant ($p > 0.05$). The majority of microplastics had a fibrous shape (61.0%). Analysis of the polymer types of microplastics in the coastal sediment revealed the presence of polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), and other plastic types in proportions of 47.5, 16.4, 4.9 and 31.1%, respectively. Overall, the study suggests that the density of microplastics along the coastal sediment of the eastern coast of the Gulf of Thailand was relatively low compared to coastal areas in other countries.

Keywords: Density of microplastic, Type of microplastic, Sediment, The Eastern Gulf of Thailand

บทนำ

พลาสติกได้ถูกนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการดำเนินชีวิตประจำวัน คาดว่าจะมีแนวโน้มการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้นในอนาคต (PlasticsEurope, 2018; Jambeck *et al*., 2015) ขยะไมโครพลาสติก หมายถึง ขยะที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร แบ่งที่มาได้เป็น 2 ประเภท คือ ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (Primary microplastics) ผลิตมาจากโรงงานอุตสาหกรรมตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น สครับขัดผิว และไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (Secondary microplastics) เกิดจากพลาสติกขนาดใหญ่ที่แตกหัก ผุกร่อนจนกลายเป็นขยะที่มีขนาดเล็กซึ่งมีได้หลายรูปแบบ เช่น เส้นใย (Fiber) ฟิล์ม (Film) และชิ้นส่วน (Fragment) เป็นต้น (GESAMP, 2016)

มีรายงานว่าไมโครพลาสติกที่มีพื้นผิวขนาดเล็กนี้ สามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อมซึ่งก่อให้เกิดการสะสมพิษต่าง ๆ ในห่วงโซ่อาหารได้ (Persistent bio-accumulative and toxic substances; PBTs) เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ซึ่งละลายในน้ำได้ยากและไม่รวมตัวกับน้ำแต่จะเป็นอนุภาคที่เป็นแกนในการดูดซับสารที่อยู่ในแหล่งน้ำรวมถึงโลหะที่ละลายอยู่ในน้ำ และสารรบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ สารอินทรีย์ที่มีการตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants; POPs) และไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น

Polychlorinated Biphenyls (PCBs) (Cole *et al.,* 2011) ไมโครพลาสติกสามารถสะสมในตัวกลางที่หลากหลายในสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นในน้ำ ตะกอนดินและในสัตว์น้ำ เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดอนุภาคเล็ก น้ำหนักเบาและลอยน้ำได้จึงมักหลุดรอดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (Kittipongvises *et al.,* 2019) และสะสมในดินตะกอน (Jones *et al*., 2020) สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในทะเลได้รับผลกระทบเนื่องจากการกลืนกินไมโครพลาสติกซึ่งพบแนวโน้มว่าส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลและชายฝั่ง (Hale *et al*., 2020) และยังส่งผลทำให้เกิดการสะสมสารพิษชนิดต่าง ๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตและยังสามารถถ่ายทอดไปในห่วงโซ่อาหาร (Setälä *et al*., 2018) ทำให้มนุษย์ที่ได้บริโภคสัตว์น้ำเหล่านั้นจะมีโอกาสได้รับสารพิษที่มีการปนเปื้อนร่วมอยู่ด้วยกับไมโครพลาสติกซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ในที่สุด (Campanale *et al.,* 2020)

กิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเลทำให้มีแนวโน้มพบการสะสมของไมโครพลาสติกมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมการประมง การคมนาคมทางทะเล การขยายตัวของชุมชนเมืองและการท่องเที่ยว (Akkajit *et al*., 2019) เมื่อมีไมโครพลาสติกทั้งที่เป็นประเภทปฐมภูมิและทุติยภูมิเกิดขึ้นในบริเวณทะเลและที่ใกล้เคียงจะสามารถถูกกระแสน้ำ คลื่น และลมในทะเลพัดพาอนุภาคขนาดเล็ก ตะกอนดิน และขยะไมโครพลาสติกในรูปแบบต่าง ๆ ไปสะสมในบริเวณชายฝั่งทะเลได้ (Pa'suya *et al*., 2015) ในประเทศไทยมีการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในบริเวณชายฝั่งทะเล ซึ่ง Department of Marine and Coastal Resources (2019) ศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกในตะกอนดินทะเลอ่าวไทยและอันดามัน โดยเก็บตัวอย่างบริเวณตะกอนทรายบริเวณชายหาด 18 จังหวัด (ได้แก่ ตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล) เก็บตัวอย่างปีละ 2 ครั้ง ในฤดูร้อนและฤดูฝน ผลการศึกษาพบว่า ในฤดูร้อนพบความหนาแน่นของไมโครพลาติกในช่วง 53 – 2,102 ชิ้นต่อตารางเมตร ขณะที่ในฤดูฝนพบในช่วง 0 – 974 ชิ้นต่อตารางเมตร และเมื่อนำข้อมูลมาพิจารณาโดยเฉพาะของบริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี พบปริมาณของไมโครพลาสติกเฉลี่ยในฤดูร้อนและฤดูฝนเท่ากับ 636.6 และ 262.3 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ จังหวัดระยอง บริเวณชายหาดเกาะมันในมีปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยในฤดูร้อนและฤดูฝนเท่ากับ 1,698 และ 498 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ และบริเวณเกาะขาม จังหวัดชลบุรี มีปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยในฤดูร้อนและฤดูฝนเท่ากับ 1,182 และ 799 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ ในขณะที่หาดพลอยแดง จังหวัดตราด มีปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยในฤดูร้อนและฤดูฝนเท่ากับ 1,171 และ 0 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ

พื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกมีกิจกรรมที่ทำให้เกิดรายได้หลากหลายรูปแบบ อาทิ เป็นพื้นที่การท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากชาวต่างชาติและนักท่องเที่ยวชาวไทย เช่น จังหวัดชลบุรีในพื้นที่เมืองพัทยา สำหรับจังหวัดระยองมีพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งโรงงานภายในนิคมอุตสาหกรรมเป็นโรงงานฝ่ายผลิตทั้งอุตสาหกรรมปิโตรเคมี กลั่นน้ำมัน เคมีภัณฑ์และของเหลว เหล็กและไฟฟ้า (Industrial Estate Authority of Thailand, 2020) จังหวัดจันทบุรีมีชายหาดเจ้าหลาวเป็นพื้นที่ที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวแม้ว่าจะไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่พัทยา จากที่กล่าวมาข้างต้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาแน่นและประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อนและฤดูฝนในบริเวณจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี เพื่อเป็นการประเมินความหนาแน่นและประเภทของไมโครพลาสติกซึ่งเป็นข้อมูลประกอบที่นำไปสู่แนวทางในการบริหารจัดการเพื่อลดปัญหาขยะทะเลอีกทั้งยังเป็นการรักษาภาพลักษณ์ที่ดีของประเทศไทยในแง่

การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของสหประชาชาติที่ว่าด้วยเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals; SDG)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

เก็บตัวอย่างดินตะกอนจากสถานีจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี โดยจังหวัดชลบุรีและระยองเก็บตัวอย่างจังหวัดละ 3 สถานี (สถานีละ 3 ซ้ำ) ส่วนจังหวัดจันทบุรีเก็บ 4 สถานี (สถานีละ 3 ซ้ำ) พิกัดสถานีเก็บตัวอย่างดัง Table 1 และ Figure 1

Table 1 Position of sampling station at 3 Province in the eastern coast of the Gulf of Thailand.

Station	Site - Province	Easting	Northing
CBI1	North-Pattaya, Chonburi	12.98071	100.90408
CBI2	Central-Pattaya, Chonburi	12.93295	100.87155
CBI3	South-Pattaya, Chonburi	12.82695	100.89831
RYG1	Phayun Beach, Rayong	12.67006	101.0684
RYG2	Map Ta Phut Industrial Estate, Rayong	12.66307	101.18002
RYG3	Laem Charoen, Rayong	12.65076	101.2747
CTI1	Kung Krabaen Bay, Chanthaburi	12.58796	101.89377
CTI2	Laem Sadet, Chanthaburi	12.56284	101.89783
CTI3	Chao Lao Beach, Chanthaburi	12.54504	101.91963
CTI4	Khaem Nu Estuaries, Chanthaburi	12.53442	101.95291

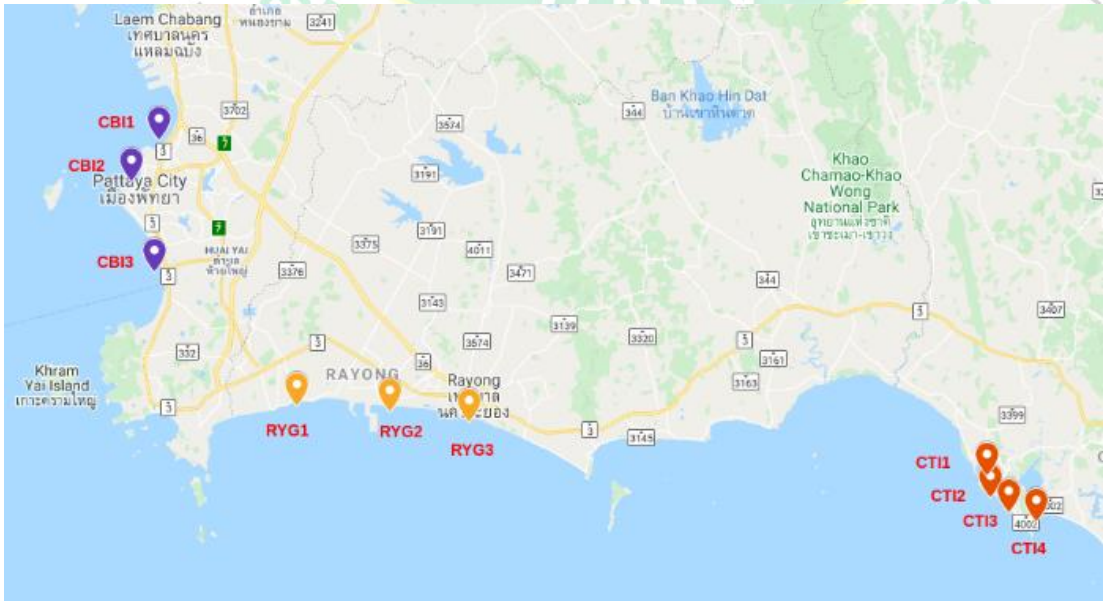

Figure 1 The location of the sediment sampling in the eastern coast of the Gulf of Thailand.

2. การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

ใช้ Petersen grab เก็บตัวอย่างดินตะกอนที่อยู่ห่างจากชายฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัมน้ำหนักเปียก โดยเก็บในฤดูร้อน (เมษายน 2564) และฤดูฝน (กรกฎาคม 2564) จากนั้นนำดินไปตากจนแห้งแล้วนำร่อนผ่าน Sieve เบอร์ 4 แล้วนำดินไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมงหรือจนกว่าดินจะแห้งสนิท

3. การสกัดไมโครพลาสติกในห้องปฏิบัติการ

ขั้นตอนการคัดแยกและการสกัดไมโครพลาสติกออกจากตะกอนดินดัดแปลงจาก Masura *et al*. (2015) โดยอาศัยหลักการความหนาแน่นโดยการเติมสารละลายเกลือ (NaCl) นำน้ำใสเทผ่านผ้ากรองขนาด 300 ไมโครเมตร จากนั้นนำมาย่อยสารอินทรีย์ ด้วยวิธีออกซิเดชันเปอร์ออกไซด์ (Wet Peroxide Oxidation; WPO) โดยการเติมสารละลาย 0.05 M Fe (II) แล้วโดยเติม 30% H_2O_2 ให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลาประมาณ 10 นาที เติม NaCl จำนวน 6 กรัมต่อน้ำ 20 มิลลิลิตร และคนจนกว่า NaCl จะละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 20 - 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นให้นำสารละลายไมโครพลาสติกที่อยู่ในบีกเกอร์เทออกมากรองลงในกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรโดยใช้ Suction pump ปล่อยให้กระดาษกรองแห้งสนิท แล้วปิดด้วยฟอยล์อลูมิเนียมทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวิเคราะห์เพื่อนับปริมาณและสังเกตรูปร่าง ด้วยกล้องจุลทรรศน์กล้องสเตอริโอไมโครสโคปกำลังขยาย 40X ยี่ห้อ Olympus รุ่น SZX7 จำแนกประเภทโพลิเมอร์ของไมโครพลาสติกโดยใช้ FT-IR

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตรวจสอบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกที่แตกต่างกันในระหว่างฤดูกาล และสถานีเก็บตัวอย่าง โดยการตรวจสอบการกระจายของข้อมูลว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติหรือผิดปกติด้วยวิธี Shapiro Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในกรณีข้อมูลมีการกระจายแบบปกติทำการตรวจสอบความแปรปรวนของข้อมูลระหว่างกลุ่มด้วย Bartlett's Test ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบความแตกต่างของความหนาแน่นไมโครพลาสติกที่พบด้วยวิธี T-Test และ Analysis of variance และวิเคราะห์ความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ถ้าข้อมูลมีการกระจายแบบไม่ปกติทำการวิเคราะห์ ข้อมูลด้วยวิธี Wilcoxon rank sum test และ Kruska-Wallis Test และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ด้วยวิธี Benjamini-Hochberg ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม R (Borcard *et al*., 2011)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ไมโครพลาสติกในดินตะกอนจำแนกตามสถานีที่เก็บตัวอย่างพบความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 31.13±10.97 - 64.65±7.18 ชิ้นต่อตารางเมตร โดยความหนาแน่นที่พบมากที่สุดที่จังหวัดระยองเท่ากับ 64.6±7.18 ชิ้นต่อตารางเมตร และน้อยที่สุดที่จังหวัดชลบุรีเท่ากับ 31.13±10.97 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ (Table 2) ความหนาแน่นของค่าเฉลี่ยไมโครพลาสติกจำแนกตามรายจังหวัดพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละพื้นที่ (p-value of Analysis of variance = 0.0134, p-value of Shapiro-Wilk test = 0.8218, p-value of Bartlett's test = 0.7718) โดยพบว่าไมโครพลาสติกบริเวณจังหวัดระยองมีความหนาแน่นสูงกว่าพื้นที่อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกบริเวณจังหวัดชลบุรี และจังหวัดจันทบุรีมีความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) การที่สถานีจังหวัดระยองมีความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมากกว่าอีก 2 สถานีอาจเนื่องจากว่าจังหวัดระยองมี

กิจกรรมบริเวณชายฝั่งทะเลซึ่งเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมมากกว่าพื้นที่อื่นจึงอาจเป็นสาเหตุทำให้พบความหนาแน่นสูงกว่าพื้นที่อื่นอย่างมีนัยสำคัญ

Table 2 The average density of microplastics on Chonburi, Rayong and Chanthaburi Province from the eastern coast of the Gulf of Thailand.

Station	Density (Item m^{-2})
Chonburi	31.13±10.97[b*]
Rayong	64.65±7.18[a]
Chanthaburi	37.71±12.27[b]

*The same letters are not significant difference ($p>0.05$).

ความหนาแน่นไมโครพลาสติกที่พบจากการศึกษาครั้งนี้น้อยกว่าจากการรายงานของการศึกษาที่ผ่านมา เช่น การศึกษาของ Department of Marine and Coastal Resources (2019) เก็บตัวอย่างที่จังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรีพบความหนาแน่นไมโครพลาสติกเฉลี่ยเท่ากับ 990.5, 1098.0 และ 449.45 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ และน้อยกว่าการศึกษาของ Pat-iam *et al*. (2022) ที่บริเวณเกาะยอ จังหวัดสงขลา เก็บทั้งหมด 6 สถานี พบว่าค่าเฉลี่ยความหนาแน่นโครพลาสติกมากที่สุด และน้อยที่สุดเท่ากับ 1,748±310.59 และ 281±526.34 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละสถานี ($p>0.05$) ในต่างประเทศพบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกค่อนข้างจะมากกว่าในประเทศไทย อาทิ ในบริเวณชายฝั่งโปรตุเกสพบเฉลี่ย 185.1 ชิ้นต่อตารางเมตร (Martins and Sobral 2011) บริเวณชายหาดในอ่าวเม็กซิโกพบเฉลี่ย 133 ชิ้นต่อตารางเมตร (Alvarez-Zeferino *et al*., 2020)

ความหนาแน่นของโครพลาสติกจำแนกตามฤดูกาล พบว่าฤดูร้อนพบเท่ากับ 86.20±38.00 ชิ้นต่อตารางเมตร ในขณะที่ฤดูฝนพบเท่ากับ 31.10±25.20 ชิ้นต่อตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไมโครพลาสติกระหว่างฤดูกาล พบว่าฤดูร้อนมีความหนาแน่นของไมโครพลาสติกสูงกว่าฤดูฝนอย่างไม่มีนัยสำคัญ (p-value of T-test= 0.0839, p-value of Shapiro-Wilk test= 0.7838, p-value of Variance test= 0.6407) ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกเมื่อจำแนกตามสถานีเก็บตัวอย่างและฤดูกาล พบว่า บริเวณสถานีชลบุรีไม่พบตัวอย่างไมโครพลาสติกในฤดูฝน ส่วนในฤดูร้อนพบความหนาแน่นเท่ากับ 31.13±10.97 ชิ้นต่อตารางเมตร สถานีระยองพบไมโครพลาสติกในฤดูฝนเท่ากับ 26.34±27.20 ชิ้นต่อตารางเมตร ฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกเท่ากับ 38.31±20.74 ชิ้นต่อตารางเมตร และสถานีจันทบุรีพบไมโครพลาสติกในฤดูฝน 14.37±0.00 ชิ้นต่อตารางเมตร และฤดูร้อนพบเท่ากับ 34.12±12.27 ชิ้นต่อตารางเมตร (Table 3)

Table 3 The average density of microplastics on Chonburi, Rayong and Chanthaburi Province.

Province	Density (Item m^{-2})	
	Rainy	Summer
Chonburi	0.00 ± 0.00	31.13 ± 10.97
Rayong	26.34 ± 27.20	38.31 ± 20.74
Chanthaburi	14.37 ± 0.00	34.12 ± 12.27

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าความหนาแน่นไมโครพลาสติกสะสมในฤดูร้อนมากกว่าฤดูฝน อาจเนื่องจากในฤดูร้อนมีปริมาณน้ำฝนไหลลงสู่บริเวณชายฝั่งทะเลน้อยจึงอาจทำให้เกิดการสะสมของไมโครพลาสติกในบริเวณดังกล่าวมากกว่าในฤดูฝน ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับการศึกษาของ Department of Marine and Coastal Resources (2019) ศึกษาที่จังหวัดชลบุรีพบไมโครพลาสติกในฤดูร้อนและฝนเท่ากับ 1,182 และ 799 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ จังหวัดระยองพบไมโครพลาสติกในฤดูร้อนและฝนเท่ากับ 1,698 และ 498 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ จังหวัดจันทบุรีพบไมโคร พลาสติกในฤดูร้อนและฝนเท่ากับ 636.6 และ 262.3 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ Kreekrinut *et al.* (2019) พบว่าไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายหาดอ่าวไทยตอนล่างทั้ง 5 สถานีในฤดูแล้ง (566.2 ชิ้นต่อตารางเมตร) พบได้ความหนาแน่นมากกว่าในฤดูฝน (364.8 ชิ้นต่อตารางเมตร) และ Jualaong *et al*. (2021) พบว่าความหนาแน่นไมโครพลาสติกในดินตะกอนฤดูแล้ง (1,698 ชิ้นต่อตารางเมตร) มากกว่าในฤดูฝน (799 ชิ้นต่อตารางเมตร) การที่พบความหนาแน่นไมโครพลาสติกในดินตะกอนในบางพื้นที่และบางช่วงเวลานั้นไม่ได้บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของชายหาดอย่างถาวรเนื่องจากไมโครพลาสติกสามารถถูกทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยกระแสน้ำ คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และกระบวนการกัดเซาะชายฝั่งซึ่งล้วนส่งผลต่อไมโครพลาสติกที่พบ (Jualaong *et al*., 2021)

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกในดินตะกอนส่วนใหญ่เป็นเส้นใย (Fiber) เท่ากับ 61.6 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นลักษณะอื่น ๆ เช่น แผ่นหนาทึบ (Fragment) ก้อน (Sphere) แผ่นบางใส (Film) และแท่ง (Rod) เท่ากับ 10.6, 10.3, 9.4 และ 7.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับสถานีจังหวัด ชลบุรีพบไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยสูงสุด (62.0%) รองลงมาได้แก่แผ่นหนาทึบ (15.0%) และก้อน (15.0%) สถานีจังหวัดระยองพบลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ได้แก่ เส้นใย (52.0%) แท่ง (19.0%) และแผ่นบางใส (11.0%) และบริเวณสถานีจังหวัดจันทบุรี พบไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มีรูปร่างเส้นใย (71.0%) รองลงมาได้แก่ แผ่นบางใส (9.5%) และแผ่นหนาทึบ (9.5%) ผลการศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาในแต่ละฤดูกาลพบว่าในฤดูร้อนส่วนใหญ่พบรูปร่างเส้นใย (67.0%) ก้อน (12.0%) แผ่นหนาทึบ (10.0%) และ แผ่นบางใส (10.0%) ในขณะที่ฤดูฝนพบรูปร่างแท่ง (46.0%) เส้นใย (38.0%) แผ่นหนาทึบ (7.7%) และแผ่นบางใส (7.7%)

ดังนั้นจากผลการศึกษาครั้งนี้ พบไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยมากที่สุด ซึ่งเป็นแนวโน้มที่พบคล้ายกับการศึกษาที่ผ่านมา เช่น Pat-iam *et al*. (2022) ศึกษาในตะกอนดินบริเวณเกาะยอ จังหวัดสงขลา พบว่าส่วนใหญ่มี 2 รูปร่าง คือ เส้นใยและพลาสติกที่เป็นเศษแตกหัก (Fragment) แต่พบรูปร่างเส้นใยได้มากกว่า Kreekrinut (n.d.) พบว่าในตะกอนดินบริเวณชายหาดอ่าวไทยตอนล่างพบไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบเส้นใย ชิ้นส่วนไร้รูปแบบ และรูปร่างแบบแผ่น เท่ากับ 70%, 26% และ 4% ตามลำดับ Jang *et al*. (2014) ศึกษารูปร่างของไมโครพลาสติกใน

ตะกอนดินบริเวณชายหาดในประเทศเกาหลีใต้พบว่าส่วนใหญ่มีรูปร่างเส้นใย (55%) แผ่นหนาทึบ (16%) รูปทรงโฟม (12%) แผ่นบางใส (11%) และรูปทรงอื่น ๆ (6%) Donsomchit *et al*. (2020) พบว่าไมโครพลาสติกในดินตะกอนมีรูปร่างเส้นใย แผ่นหนาทึบ และโฟม เท่ากับ 34%, 44% และ 16% ตามลำดับ Jualoong *et al*. (2021) พบว่าไมโครพลาสติกในดินตะกอนพบรูปร่างเส้นใยมากที่สุดอยู่ระหว่าง 46.9 – 100% ซึ่งเช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Qiu *et al*. (2015) และ Mathalon and Hill (2014)

การที่พบไมโครพลาสติกรูปร่างหลากหลายอาจมาจากแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุที่แตกต่างกัน เช่น รูปร่างเส้นใยอาจมาจากเศษเสื้อผ้าของมนุษย์ที่มีการซักเสื้อผ้า หรือเครื่องมือ – อุปกรณ์ที่ทำการประมง เช่น เชือก ตาข่าย เอ็นอวน แห กระชัง เป็นต้น (Cardia and Lovatelli, 2015) รวมถึงเศษเชือกจากเรือท่องเที่ยว (Green *et al*., 2018) ในขณะที่รูปร่างแผ่นหนาทึบซึ่งอาจมาจากแหล่งกำเนิดประเภทขวดน้ำหรือพลาสติกชิ้นใหญ่ที่แตกหักกลายเป็นชิ้นเล็ก ๆ การที่พบไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยเป็นลักษณะเด่นของหลายพื้นที่การศึกษาเนื่องมาจากพลาสติกกลุ่มนี้มีความหนาแน่นต่ำทำให้ลอยตัวอยู่เสมอจึงถูกคลื่นลมพัดพาไปได้ในระยะไกล (Kooi *et al*., 2016) สำหรับการสะสมไมโครพลาสติกในตะกอนดินนั้นในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันซึ่งเกิดได้จากหลายปัจจัยและมีความซับซ้อนแตกต่างกัน (Woodall *et al*., 2014) ซึ่งไมโครพลาสติกเหล่านี้มีความหนาแน่นแตกต่างกันจึงถูกพัดพาโดยกระแสน้ำ คลื่น ลมและปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมได้แตกต่างกัน (Habib *et al*., 1998)

พลาสติกบางประเภทสามารถนำมารีไซเคิลซึ่งต้องเป็นพลาสติกจำพวก Thermoplastic แบ่งได้เป็น 7 ประเภทตั้งแต่ประเภทที่ 1 ถึง 7 ดังนี้ PET (Polyethylene terephthalate), HDPE (High density polyethylene หรือ PE), PVC (Polyvinyl chloride), LDPE (Low density polyethylene), PP (Polypropylene), PS (Polystyrene) และ Other (ประเภทอื่น ๆ หรือเรียกว่าประเภทที่ 7) ซึ่ง Other ได้แก่ พลาสติกนอกเหนือจาก 6 ประเภทที่กล่าวมานี้ (Thai Plastic Industries Association, 2021) ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนได้แก่ PE, PP, PS และ พลาสติกประเภทอื่น ๆ ในสัดส่วนเท่ากับ 47.5, 16.4, 4.9 และ 31.1% ตามลำดับ เมื่อจำแนกประเภทไมโครพลาสติกตามสถานีเก็บตัวอย่างพบว่า สถานีจังหวัดชลบุรีและระยองพบไมโครพลาสติกส่วนใหญ่เป็นประเภท PE และตามด้วยพลาสติกประเภทอื่น ซึ่งชลบุรีและระยองพบพลาสติกประเภท PE เท่ากับ 47.6 และ 55.6% ตามลำดับ อีกทั้งพลาสติกประเภทอื่น ๆ ที่พบในจังหวัดชลบุรีและระยองเท่ากับ 23.8% และ 29.6% ตามลำดับ (Table 4) ส่วนสถานีจังหวัดจันทบุรี พบไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ได้แก่ประเภทอื่นๆ และ PE โดยพลาสติกในประเภทอื่น ๆ ที่พบบริเวณจังหวัดชลบุรีได้แก่ Nylon, Polyester, Polytetrafluoroethylene (PTFE) และPolyvinylidene chloride (PVDC) สถานี จังหวัดระยองพบพลาสติกประเภทอื่น ๆ ได้แก่ Nylon, Polyester, Polytetrafluoroethylene (PTFE), Polyvinylidene chloride (PVDC), Polyvinyl alcohol (PVA) และ Polyethylenimine (PEI) และสถานี จังหวัดจันทบุรีพบพลาสติกประเภทอื่นๆ ได้แก่ Nylon, Polyester, Polytetrafluoroethylene (PTFE) และ Polyvinylidene chloride (PVDC)

Table 4 Percent of microplastics separated by types in sediment on Chonburi, Rayong and Chanthaburi Province

Type	Chonburi	Rayong	Chanthaburi	Total
PE	47.6	55.6	30.8	47.5
PP	14.3	14.8	23.1	16.3
PS	14.3	0.0	0.0	4.9
Other	23.8	29.6	46.2	31.2

ประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนจำแนกตามฤดูกาลพบว่าในฤดูร้อนเท่ากับ 78.7% และฤดูฝนเท่ากับ 21.3% เมื่อพิจารณาทั้งสองฤดูกาลพบว่าประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนส่วนใหญ่ได้แก่ PE และพลาสติกประเภทอื่น ๆ โดยจากการศึกษาพบว่าในฤดูร้อนพบประเภท PE 47.9% , PP 20.8%, PS 4.2% และประเภทอื่น ๆ 27.1% ตามลำดับ ในขณะที่ฤดูฝนพบพลาสติกประเภท PE 46.2%, PS 7.7% และ Other 46.2% (Table 5)

Table 5 Percent of microplastics separated by types in sediment in summer and rainy seasons.

Types	Summer	Rainy
PE	47.9	46.2
PP	20.8	0.0
PS	4.2	7.7
Other	27.1	46.2

เมื่อสำรวจผลการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนทั้งในและต่างประเทศพบว่า ส่วนใหญ่พบ PE, PP และ PS อาทิ Department of Marine and Coastal Resources (2019) รายงานว่าพบประเภทของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ได้แก่ PE, PET, PS, PP โดยแต่ละสถานีพบการแพร่กระจายแตกต่างกัน เช่น บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อนพบว่ามีไมโครพลาสติกประเภท PET (28.99%), PP (16.53%) และ PS (7.30%) ตามลำดับ ในขณะที่ในฤดูฝนพบประเภท Nylon (39.50%), PET (31.60%) และ PE (6.93%) ตามลำดับ Kreekrinut *et al.* (2019) ศึกษาไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายหาดอ่าวไทยตอนล่างทั้ง 5 สถานี พบว่าประเภทของไมโครพลาสติกที่พบเรียงจากมีมากไปน้อย ได้แก่ PET, PE, PVC, PP, PS และ PA ตามลำดับ

Karthik *et al*. (2018) ศึกษาประเภทไมโครพลาสติกในตะกอนทรายชายหาดประเทศอินเดียบริเวณชายฝั่งของ Tamil Nadu เก็บตัวอย่างทั้งหมด 25 สถานี ผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกส่วนใหญ่เป็นประเภท PE (45.98%), PP (19.41%) และ PS (17.41%) ที่เหลือเป็นประเภทอื่น ๆ และยังมีการศึกษาไมโครพลาสติกในตะกอนดินบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดย Ta and Babel (2020) พบว่าประเภทเฉลี่ยของไมโครพลาสติกที่พบทั้งในเขตที่ 1 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมและชุมชนอยู่กันแบบไม่หนาแน่นได้แก่ บริเวณเขตอำเภอป่าโมกข์ จังหวัดอ่างทอง และในเขตที่ 2 เป็นพื้นที่เขตชุมชนเมืองซึ่งมีประชากรอยู่กันแบบหนาแน่นได้แก่ บริเวณท่าพระจันทร์ กรุงเทพมหานคร พบไมโครพลาสติกประเภท PE (50%) PP (22.5%) นอกจากนั้นจะเป็นประเภทอื่นอีก 27.5% เช่น co-polymer

การศึกษาของ Alvarez-Zeferino *et al*. (2020) ศึกษาประเภทไมโครพลาสติกในตะกอนทรายชายหาดของประเทศ Mexico พบว่า ไมโครพลาสติกที่พบดังนี้ PE (56 %), PP (21 %), PS (12 %) และประเภทอื่น ๆ (11%)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี มีความหนาแน่นเท่ากับ 31.13±10.97, 64.65±7.18 และ 37.71±12.27 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ ไมโครพลาสติกสถานีจังหวัดระยองมีความหนาแน่นสูงกว่าบริเวณจังหวัดชลบุรีและจันทบุรีอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ได้แก่ เส้นใย (61.0%) ไมโครพลาสติกในดินพบประเภท PE, PP, PS และพลาสติกประเภทอื่น ๆ ในสัดส่วน 47.5%, 16.4%, 4.9% และ 31.1% ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความหนาแน่นไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกอยู่ในระดับต่ำกว่าในหลายประเทศ ข้อเสนอแนะคืออาจต้องมีการติดตามตรวจสอบความหนาแน่นไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในสัตว์น้ำที่หลากหลายชนิดพันธุ์ และในหลายพื้นที่ในบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกเพื่อเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุน จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงาน คณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี สำหรับสถานที่ในการทำวิจัยบางส่วน

เอกสารอ้างอิง

Akkajit, P., Thongnonghin, S., Sriraksa, S. and Pumsri, S. 2019. Preliminary study of distribution and quantity of plastic-debris on beaches along the coast at Phuket Province. Applied Environmental Research. 42: 54–62.

Alvarez-Zeferino, J. C., Ojeda-Benítez, S., Cruz-Salas, A. A., Martínez-Salvador, C. and Vázquez-Morillas, A. 2020. Microplastics in Mexican beaches. Resources, Conservation and Recycling. 155:104633.

Borcard, D., Gillet, F. and Legendre, P. 2011. Numerical ecology with R. New York: Springer.

Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V. and Uricchio, V. 2020. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. International Journal of Environmental Research and Public Health.17: 1212-1238.

Cardia, F. and Lovatelli, A. 2015. Aquaculture operations in floating HDPE cages: a field handbook. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. 593 p.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., and Galloway, T.S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Marine Pollution Bulletin. 62: 2588-2597.

Department of Marine and Coastal Resources. 2019. Annual report. 120 p. [in Thai]

Donsomchit, P., Prarat, P., Hongsawat, P. and Chouychai, B. 2020. Distribution of microplastics in seawater and sediment along the Coast of Rayong Province. pp. 1–10. In Proceedings 2nd National Conference in Science, Technology and Innovation (NCST). Loei Rajaphat University. [in Thai]

GESAMP. 2016. Source, fate, and effects of microplastics in the marine environment: Part two of a global assessment, Kershaw, P.J., and Rochman, C.M. (Eds.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/ UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93: 220 p. http://www.gesamp.org/publications.

Green, D. S., Kregting, L., Boots, B., Blockley, D. J., Brickle, P., Da Costa, M., and Crowley, Q. 2018. A comparison of sampling methods for seawater microplastics and a first report of the microplastic litter in coastal waters of Ascension and Falkland Islands. Marine Pollution Bulletin, 137: 695-701.

Habib, D., Locke, D.C., and Cannone, L.J. 1998. Synthetic fibers as indicators of municipal sewage sludge, sludge products, and sewage treatment plant effluents. Water, Air, and Soil Pollution.103: 1–8.

Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., and Zeng, E.Y. 2020. A global perspective on microplastics. Journal of Geophysical Research Oceans. 125, e2018JC014719.

Industrial Estate Authority of Thailand. 2020. Data about Maptaphut area. Available: https://www.ieat.go.th/investment/about-industrial-estates/industrial-estates-in-thailand [in Thai]

Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., and Law, K., 2015. Marine pollution: Plastic waste inputs from land into the ocean. Science. 347: 768 – 771.

Jang, Y.C., Lee, J., Hong, S., Lee, J.S., Shim, W.J. and Song, Y.K. 2014. Sources of plastic marine debris on beaches of Korea: More from the ocean than the land. Ocean Science Journal. 49(2): 151-162.

Jones, K.L., Hartl, M.G., Bell, M.C. and Capper, A. 2020. Microplastic accumulation in a Zostera marina L. bed at Deerness Sound, Orkney, Scotland. Marine Pollution Bulletin. 152: 110883.

Jualaong, S., Pransilpa, M., Pradit, S. and Towatana, P. 2021. Type and Distribution of Microplastics in Beach Sediment along the Coast of the Eastern Gulf of Thailand. Journal of Marine Science and Engineering. 9: 1402 – 1419.

Karthik, R., Robin, R.S., Purvaja, R., Ganguly, D., Anandavelu, I., Raghuraman, R., Hariharan, G., Ramakrishna, A. and Ramesh, R. 2018. Microplastics along the beaches of southeast coast of India. Science of the Total Environment. 645: 1388-1399.

Kittipongvises, S., Phetrak, A., Lohwacharin, J. and Polprasert, J. 2019. Microplastic pollution in raw wastewater and wastewater treatment systems. Environmental Journal. 23(1): 1 – 10. [in Thai]

Kooi, M., Reisser, J., Slat, B., Ferrari, F, Schmid, M., Cunsolo, S., Brambini, R., Noble, K., Sirks, L., Linders, T., Schoeneich-Argent, R., and Koelmans, A. 2016. The effect of particle properties on the depth profile of buoyant plastics in the ocean. Scientific Report. 6(33882): 1–10.

Kreekrinut, T., Puttapreecha, R., Suksuwan, R., Chomanee, R. and Hawae, N. n.d. The contamination of microplastics in sediment beach area, Lower Gulf of Thailand. 9 p. [in Thai]

Kreekrinut, T., Puttapreecha, R., Suksuwan, R., Tangjai, R., and Saisahat, R. 2019. The contamination of microplastics in sediment beach area, Lower Gulf of Thailand. Available: https://www.dmcr.go.th/detailLib [in Thai]

Martins, J. and Sobral, P. 2011. Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter size?. Marine Pollution Bulletin. 62(12): 2649-2653.

Masura, J., Baker, J. Foster, G., and Arthur, C. 2015. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48.

Mathalon, A. and Hill, P. 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. Marine Pollution Bulletin. 81: 69–79.

Pa'suya, M.F., Peter, B., Md Din, A.H. and Omar, K. 2015. Sea Surface current in the Gulf of Thailand based on nineteen years altimetric data and GPS tracked drifting buoy. The 36th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2015). Fostering Resilient Growth in Asia. Lagmay, A.M. (Eds.). Asian Association on Remote Sensing.

Pat-iam, S., Wichachucherd, B. and Rodcharoen, E. 2022. An Accumulation of microplastics in sediment and benthic fauna at Koh Yo, Songkhla Province. Burapha Science Journal. 27(1): 451– 466. [in Thai]

PlasticsEurope. 2018. Plastics – The Facts 2018: An Analysis of European Plastic Production, Demand and Waste Data. www.plasticseurope.org. 60 pdf.

Qiu, Q.; Peng, J.; Yu, X.; Chen, F.; Wang, J.; and Dong, F. 2015. Occurrence of microplastics in the coastal marine environment: First observation on sediment of China. Marine Pollution Bulletin. 98: 274–280.

Setälä, O., Lehtiniemi, M., Coppock, R., and Cole, M. 2018. Microplastics in marine food webs. In Microplastic contamination in aquatic environments (pp. 339-363). Elsevier.

Ta, A. and Babel, S. 2020. Microplastics pollution with heavy metals in the aquaculture zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand. Marine Pollution Bulletin. 161: 111747.

Thai Plastic Industries Association. 2021. Types of plastics. Available: https://www.tpia.org/index.php/book/e-journal [in Thai]

Woodall, L.C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G.L.J, Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A.D., Narayanaswamy, B.E., and Thompson, R.C. 2014. The deep sea is a major sink for microplastic debris. Royal Society Open Science. 1: 1–8.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ FACULTY OF FISHERIES TECHNOLOGY AND AQUATIC RESOURCES

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

ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ

อนุสนธิตามประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๙ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๐ ได้แต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ไปแล้ว นั้น

เพื่อให้การตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการสำหรับตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง เป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงให้ยกเลิกประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ลงวันที่ ๙ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๐ และแต่งตั้งคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเพื่ออ่านผลงานทางวิชาการ ดังนี้

๑. ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ
๒. ศาสตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล
๓. ศาสตราจารย์ ดร.สายสมร ลำยอง
๔. ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร
๕. รองศาสตราจารย์ ดร.คเชนทร เฉลิมวัฒน์
๖. รองศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร บุญมาก
๗. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.จงกล พรมยะ
๘. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ฉัตรมงคล สุวรรณภูมิ
๙. รองศาสตราจารย์ ดร.ชโลบล วงศ์สวัสดิ์
๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส
๑๑. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย โขนงนุช
๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล
๑๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ธำรงค์ อมรสกุล
๑๔. รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิลป์ ผลพันธ์ทิน
๑๕. รองศาสตราจารย ดร.ไพบูลย์ ปะนาเส
๑๖. รองศาสตราจารย์ ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์
๑๗. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร
๑๘. รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา แดงปรก
๑๙. รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ หวังเจริญ
๒๐. รองศาสตราจารย์ ดร.วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล
๒๑. รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย
๒๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ชูโชติ
๒๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภมิตร เมฆฉาย
๒๔. รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ดุลจินดาชบาพร
๒๕. รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนาว์ สาวกูล
๒๖. รองศาสตราจารย์ ดร.แสงทอง พงษ์เจริญกิจ

๒๗. รองศาสตราจารย์...

๒๗. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.สุรชัย พิกุลแก้ว
๒๘. รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์
๒๙. รองศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง
๓๐. รองศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์
๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร สีตะพันธ์
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ครศร ศรีกุลนาถ
๓๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจน์ทินกร
๓๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตชล ผลารักษ์
๓๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยากร ภูมาศ
๓๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยง รุจจนเวท
๓๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์
๔๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์
๔๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารชาต์ เทียมเมือง
๔๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ช่วนยุก
๔๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสรา กิจเจริญ
๔๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ
๔๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี
๔๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี แก้วเนิน
๔๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพเยาว์ คบพิมาย
๔๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธพงษ์ สังข์น้อย
๔๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.รัชต์ ขัตติยะ
๕๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วรวัฒนเมธีกุล
๕๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ เจ๊ะโส๊ะ
๕๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัมพันธ์ จันทร์ดำ
๕๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ
๕๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์
๕๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์
๕๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานุภาพ วรรณคนาพล
๕๗. ดร.ทัตพร คุณประดิษฐ์
๕๘. ดร.ธีญาภรณ์ แก้วทวี
๕๙. ดร.พุทธ ส่องแสงจินดา

ประกาศ ณ วันที่ ๒๒ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๕

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพล ทองมา)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ISSN 1905-7393
ISSN Online 2730-146X

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง
JOURNAL OF FISHERIES TECHNOLOGY RESEARCH

ปีที่ 16 เล่มที่ 2 (Volume 16 Number 2)
กรกฎาคม - ธันวาคม 2565 (July - December 2022)

สารบัญวารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2565

สารบัญ

บรรณาธิการ

บทความวิจัย หน้า

แนวทางการพัฒนาธนาคารปู กลุ่มประมงพื้นบ้านทรัพย์อนันต์ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา 1
วชิราภรณ์ มณีแสง และพรพิมล เชือดวงผุย

ผลของอัตราการไหลของน้ำต่อการเจริญเติบโตของปลาแฟนซีคาร์พ คะน้าใบหยักและคุณภาพน้ำในระบบอะควาโปนิกส์ที่ใช้น้ำหมุนเวียน 15
พีระ มีทรัพย์ พวงเพชร พิมพ์จันทร์ ปราณีต งามเสน่ห์ กฤติมา กษมาวุฒิ และสำเนาว์ เสาวกูล

ความหนาแน่นและประเภทของไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก 30
เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล อุมาพร พลายระหาร และชลี ไพบูลย์กิจกุล