

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการเพื่อเป็นอาชีพทางเลือกของ
เกษตรกรรายย่อยตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

**Integrated Aquaculture Farming System for Alternative Career of Small-Scale
Farmers Following the Sufficiency Economy Philosophy**

สมบัติ อินทร์คง,^{1*} พอจำ อรรถนันท,¹ สุรพล ชุณหะบัณฑิต,¹ จินตนา สะและห้อย,² อาภาภาพ
พานิชผล,¹ ฐาณิตา ตัณฑวนิช,³ กนกอร ขำเพชร,² วีระพล ฐิติพงษ์ตระกูล¹ และชัตนารี มีสุขไช⁴
Sombat Inkong,^{1*} Porcham Aranyakananda,¹ Suraphon Chunhabundit,¹ Jintana Salaenoi,²
Arnupap Panichpol,¹ Thaniya Tanthawanich,³ Kanok-orn Kumpech,² Weeraphol
Thitipongtrakool¹ and Chatnaree Meesukko⁴

Received 9 July 2019, Accepted 20 October 2020

ABSTRACT

An integrated aquaculture farming system was conducted on the area of 8 rai: 2 rai of 1 intensive pond, 2 rai of 1 polyculture pond, 2 rai of treatment pond and 2 rai of an accommodation area. Fish and shrimp were partially harvested after 3 months for household earnings and 4 months for catching of all organisms. The results were showed that the total production of the intensive pond were 1,504.5 kilograms of Pacific white shrimp with an average size of 58.23 individuals/kilogram. The total production of polyculture pond was 270.5 kilograms of seabass, 535.0 kilograms of red tilapia, and 57.4 kilograms of black tiger shrimp. In addition, fish, shrimp, and mussels from the treatment pond supported the production of the system. The cultured aquatic flora and fauna used and transferred energy in balance and in synergistic ways. This supports the farming to become a complete-cycle production system. This system will not create any impact to the environment but will produce organic and toxic-free aquatic

^{1*} สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารสถาบัน 3 ชั้น 9 ถ.พญาไท เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ 10330

Aquatic Resources Research Institute, Chulalongkorn University, Institute building #3, 9th Floor, Phayathai road, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand.

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Marine Science, Faculty of Fishery, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

³ กรมเจ้าท่า 1278 ถนน โยธา แขวงตลาดน้อย เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพฯ 10100

Marine Department, 1278 Yotha Rd., Taladnoi, Samphanthawong, Bangkok 10100, Thailand.

⁴ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

Department of Biology, Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, T. Chompoo, A.Muang, Lampang Province 52100, Thailand.

*Corresponding author: Tel.0-2218-8175, Fax.0-2544-2459, E-mail address:isombat@chula.ac.th

animals from different parts of the system. Moreover, this system is self-sufficient and suitable, following the sufficiency economy philosophy.

Keywords: Aquaculture system, Integrated farming system, Polyculture, Small - Scale farmer, Sufficiency economy

บทคัดย่อ

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการนี้ ได้ทดลองในพื้นที่ขนาด 8 ไร่ ซึ่งประกอบด้วย บ่อเลี้ยง จำนวน 2 บ่อ คือ บ่อเลี้ยงแบบพัฒนา และบ่อเลี้ยงแบบผสมผสาน ขนาด 2 ไร่ อย่างละ 1 บ่อ และบ่อพักและบำบัดน้ำ ขนาด 2 ไร่ อีก 2 บ่อ โดยมีระบบน้ำที่สามารถหมุนเวียนน้ำต่อเนื่องถึงกันทั้งระบบ ส่วน 2 ไร่ที่เหลือ เป็นพื้นที่สำนักงาน ที่อยู่อาศัย ปลูกพืชผักสวนครัว และพื้นที่ใช้สอย โดยหลังการทดลองเลี้ยง 3 เดือน ได้เริ่มทยอยจับสัตว์น้ำบางส่วนเพื่อขายเป็นรายได้หมุนเวียนภายในฟาร์ม พร้อมปรับความหนาแน่นภายในบ่อใหม่ และเมื่อครบ 4 เดือน ทำการจับสัตว์น้ำทั้งหมด ผลที่ได้พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมในบ่อเลี้ยงแบบพัฒนา มีผลผลิตรวม 1,504.5 กก. ขนาดเฉลี่ย 58.23 ตัว/กก. ส่วนบ่อเลี้ยงแบบผสมผสานมีผลผลิตปลากะพงขาว 270.5 กก. ปลาทับทิม 535.0 กก. และกุ้งกุลาดำ 57.4 กก. นอกจากนี้ยังมีผลผลิตเสริมจากปลา กุ้ง และหอยในบ่อพักและบำบัดน้ำอีกด้วย โดยพืชและสัตว์น้ำที่ปลูก/เลี้ยงในระบบมีการเจริญเติบโตค่อนข้างดี พบมีการเอื้อเพื่อเกื้อกูลกัน และมีการใช้และถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันภายในระบบอย่างสมดุล จึงเป็นระบบการผลิตแบบเบ็ดเสร็จ ครบวงจร สามารถให้ผลผลิตที่หลากหลายในทุกส่วนของระบบ อีกทั้งยังเป็นระบบการผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์ที่ปลอดภัยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมีความคุ้มค่า สามารถเลี้ยงตัวเองได้อย่างเหมาะสมตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ: ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ การเลี้ยงแบบบูรณาการ การเลี้ยงผสมผสาน เกษตรกรรายย่อย เศรษฐกิจพอเพียง

คำนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นกิจกรรมที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนา เนื่องจากตลาดยังมีความต้องการอาหารอีกมากจากประชากรที่เพิ่มขึ้น แต่กระบวนกรเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยส่วนใหญ่ยังยึดติดอยู่กับรูปแบบเดิมที่เคยชิน โดยมุ่งเน้นในการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดเดียวแบบหนาแน่นเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ซึ่งแม้จะสามารถให้ผลผลิตสูงแต่ก็มีต้นทุนและความเสี่ยงที่สูงเช่นกัน เนื่องจากรูปแบบการเลี้ยงดังกล่าวเป็นวิธีที่ฝืนการอยู่อาศัยตามธรรมชาติของสัตว์น้ำ และกำลังการผลิตที่กำหนดก็มักจะสูงเกินกว่าศักยภาพของระบบที่จะรองรับและบำบัดตัวเองได้ ส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมของพื้นที่เลี้ยง มีปัญหาโรคพยาธิ การใช้ยา สารเคมี

และสารตกค้างต่างๆ ตามมา ทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืน และมักต้องปิดตัวลงอย่างรวดเร็วกว่าที่ควรจะเป็น แม้ว่าที่ผ่านมาหน่วยงานภาครัฐและองค์กรที่รับผิดชอบต่างๆ จะได้เสนอแนวคิด ออกระเบียบปฏิบัติและมาตรการต่างๆ เพื่อควบคุมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน เป็นต้นว่า แนวปฏิบัติในการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา มาตรฐานฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้ง Code of Conduct (CoC) มาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (Good Aquaculture Practice; GAP) รวมไปถึง การกำหนดให้ต้องจดทะเบียนฟาร์ม ซึ่งส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นสำคัญ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561; กองวิจัยและพัฒนาการ

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2560; ชนกันต์, 2559; NACA/FAO, 2000) สำหรับระบบการผลิตพืชและสัตว์น้ำแบบผสมผสานที่ดำเนินการบนพื้นฐานการอยู่อาศัยตามธรรมชาติของพืชและสัตว์น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตหลายๆ อย่างในเวลาเดียวกันยังไม่มีการพัฒนาเท่าที่ควร ทั้งที่วิธีดังกล่าวน่าจะเป็นแนวทางที่ดีในการเพิ่มศักยภาพของปัจจัยการผลิต ช่วยลดต้นทุน ลดความเสี่ยง ตลอดจนสามารถป้องกันปัญหาในด้านราคา และช่วยเพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจ (ทยากร, 2552; Gooley & Gavine, 2003) ทั้งยังสามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืนมากกว่าอีกด้วย

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการในที่นี้ เป็นการคัดเลือกเอาพืชและสัตว์น้ำชนิดที่เหมาะสมมาเลี้ยงรวมกันโดยเชื่อมต่อกันเป็นระบบการเลี้ยง ยึดหลักการอยู่อาศัยร่วมกันได้ของพืชและสัตว์ที่เลี้ยง มีการเอื้อเพื่อเกื้อกูลกันอย่างใดอย่างหนึ่ง และ/หรือ มีการส่งถ่ายพลังงานต่อกันภายในระบบอย่างสมดุล โดยมุ่งหมายให้เป็นระบบการเลี้ยงแบบเบ็ดเสร็จ ครบวงจร มีของเสียถ่ายเทสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ซึ่งนอกจากจะเป็นระบบที่ให้ผลผลิตหลากหลาย และสามารถใช้ประโยชน์จากปัจจัยการผลิตและบ่อเลี้ยงได้อย่างคุ้มค่า ยังสามารถให้ผลตอบแทนโดยรวมต่อการลงทุนสูงและมีความเสี่ยงน้อย จึงเหมาะแก่การนำไปใช้ในกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่และต้นทุนไม่มากนัก โดยเป็นวิธีการเลี้ยงที่รับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม มีการดำเนินการอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ สามารถใช้เป็นแนวทางในการประกอบอาชีพเลี้ยงตัวเองได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช

สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบระบบการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการที่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ไม่เกิน 10 ไร่

ที่มีการจัดสรรพื้นที่ใช้สอย ใช้ทรัพยากรและวัตถุดิบภายในฟาร์มอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีการจัดการและควบคุมระบบอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ คำนึงถึงการใช้และถ่ายทอดพลังงาน ตลอดจนการเอื้อเพื่อเกื้อกูลกันของสิ่งมีชีวิตในระบบอย่างสมดุล ให้ดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีผลผลิตและผลตอบแทนที่คุ้มค่า สามารถเลี้ยงตัวเองได้อย่างเหมาะสม และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยส่วนรวม นอกจากนี้ ยังเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการศึกษาวิจัยเพื่อสนับสนุนการประกอบอาชีพแก่เกษตรกรรายย่อยตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ อีกทั้ง ยังเป็นการบูรณาการงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไปสู่ชุมชน โดยการลงทุนและทำวิจัยร่วมกันกับภาคเอกชนอย่างเหมาะสมและเป็นธรรม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการร่วมกับภาคเอกชนในพื้นที่ฟาร์มทดลองของบริษัทไทยยูเนียน ฟีดมิลล์ จำกัด เลขที่ 89/1 หมู่ที่ 2 ตำบลกาหลง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร มีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1. การสร้างระบบต้นแบบฟาร์มทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการ

พื้นที่ฟาร์มทดลองของโครงการฯ มีขนาดประมาณ 8 ไร่ ประกอบไปด้วย บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจำนวน 2 บ่อ และบ่อพักและบำบัดน้ำ 1 บ่อ มีการจัดวางระบบฟาร์ม โดยวางท่อซีเมนต์เชื่อมต่อบ่อต่างๆ เพื่อการถ่ายเทและหมุนเวียนน้ำที่ต่อเนื่องถึงกันทั้งระบบ มีสำนักงานโครงการ/ที่อยู่อาศัย/บ้านพักคนงาน ปลูกพืชผักสวนครัวบริเวณขอบบ่อ รวมถึงพื้นที่ใช้สอยภายในฟาร์ม และมีคลองส่งน้ำเข้าสู่ฟาร์มและวางระบายน้ำอยู่ติดกับพื้นที่ โดยมีการทดลองปลูก/เลี้ยงพืชและสัตว์น้ำที่เหมาะสมในระบบ (Figure 1 and 2) มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องต่างๆ และการจัดการภายในระบบฟาร์ม ดังต่อไปนี้

1.1 บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (50% ของพื้นที่) :
จำนวน 2 บ่อ เพื่อปล่อยเลี้ยงชนิดสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่ให้ผลผลิตคุ้มค่าการลงทุน และสามารถจัดการเลี้ยงได้อย่างเหมาะสมในสภาวะการเลี้ยงแต่ละบ่อที่กำหนด กล่าวคือ บ่อที่ 1 ขนาด 2 ไร่ ปล่อยเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนา เพื่อเป็นรายได้หลักของระบบฟาร์ม โดยปล่อยกุ้งขนาดพี 12 จำนวน 110,000 ตัว (55,000 ตัว/ไร่) จัดการเลี้ยงโดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปในอัตราที่เหมาะสมตามปริมาณกุ้งในบ่อที่สู่มได้ตลอดการเลี้ยง การเตรียมบ่อ ใส่ปูน บัว จุลินทรีย์ กากน้ำตาล และให้อากาศด้วยเครื่องตีน้ำแบบใบพัดเช่นเดียวกับเกษตรกรทั่วไป และ บ่อที่ 2 ขนาด 2 ไร่ ปล่อยเลี้ยงสัตว์น้ำแบบผสมผสาน เพื่อเป็นแหล่งรายได้ลำดับรองภายในฟาร์ม อันได้แก่ กุ้งกุลาดำ โดยปล่อยกุ้งขนาดพี 12 จำนวน 25,000 ตัว (12,500 ตัว/ไร่) ลงในบ่อ เลี้ยงร่วมกับปลากะพงขาวและปลาทับทิมขนาด 3 นิ้ว อย่างละ 1,000 ตัว ที่ปล่อยเลี้ยงในกระชังขนาด 4 x 4 x 3 เมตร อย่างละ 2 กระชัง ในอัตรา 500 ตัว/กระชัง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปใน

อัตราที่เหมาะสมโดยปรับปริมาณอาหารตามขนาดปลาที่สู่มได้ในแต่ละช่วงเวลา ควบคุมระบบเลี้ยงและคุณภาพน้ำภายในบ่อให้เหมาะสมและสมดุลอยู่ตลอดเวลา โดยให้กุ้งกุลาดำเก็บกินอาหารธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายในบ่อและอาหารเหลือจากปลาเป็นสำคัญ และมีการให้อาหารเสริมบ้างตามความเหมาะสมของอาหารธรรมชาติและคุณภาพน้ำภายในบ่อในขณะนั้นๆ มีกำหนดเวลาการทดลองเลี้ยงรวม 4 เดือน โดยจะทยอยจับขายบางส่วน (ประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณที่ปล่อย) เมื่อสัตว์น้ำได้ขนาดที่เหมาะสมตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป เพื่อเป็นรายได้หมุนเวียนภายในฟาร์ม และเพื่อปรับความหนาแน่นภายในบ่อใหม่สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่อย่างเหมาะสมต่อไป

นอกจากนี้ การเลี้ยงแบบผสมผสานในบ่อเลี้ยงที่ 2 ยังมีการทำแพสาหร่ายบริเวณกลางบ่อเพื่อช่วยบำบัด/ควบคุมคุณภาพน้ำและเป็นอาหารเสริมแก่สัตว์น้ำที่เลี้ยง รวมถึงมีการผูกเลี้ยงหอยแมลงภู่ ขนาด 10 กก./ถุง จำนวน 4 ถุง บริเวณสะพานและเสากระชังเพื่อเป็นรายได้เสริมและเป็นอาหารภายในฟาร์มอีกด้วย

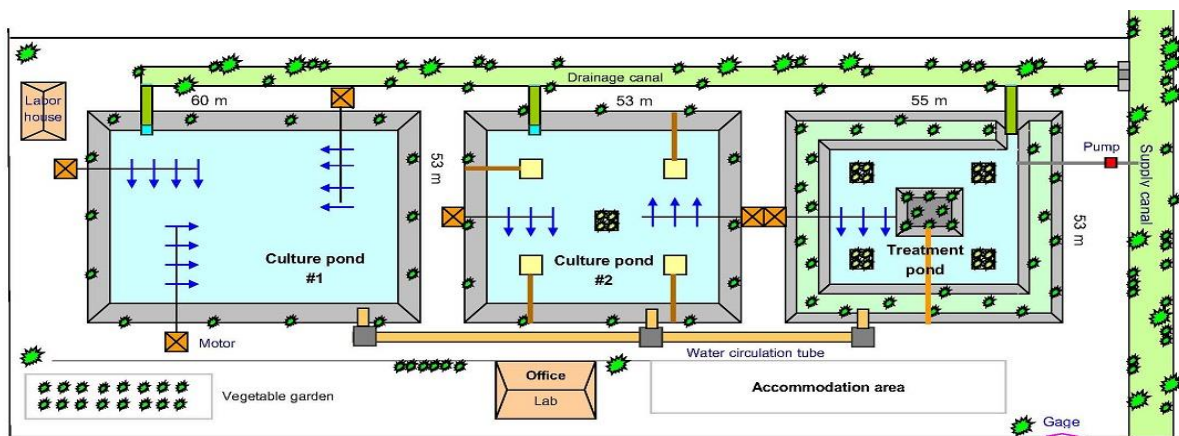
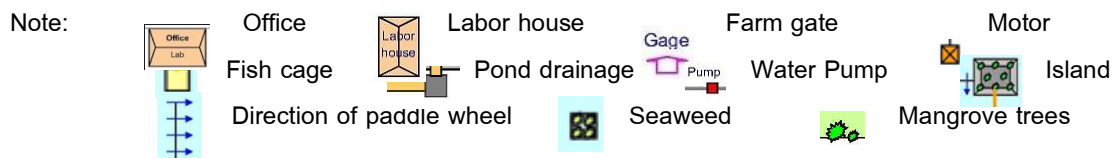


Figure 1 Schematic of integrated aquaculture farming system



1.2 บ่อพักและบำบัดน้ำ (25% ของพื้นที่)

: ขนาดประมาณ 2 ไร่ โดยออกแบบและปรับปรุงบ่อให้เหมาะสมต่อการปลูกเลี้ยงพันธุ์ไม้ชายเลนสำหรับ และไม้ต่าง ๆ พร้อมทั้งได้วางท่อซีเมนต์เชื่อมต่อไปยังบ่อเลี้ยงต่างๆ ให้สามารถถ่ายเทและหมุนเวียนน้ำภายในฟาร์มได้ง่าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดและควบคุมคุณภาพน้ำในแต่ละส่วนของระบบฟาร์มให้สมดุลและเหมาะสมกับสัตว์น้ำที่เลี้ยงอยู่ตลอดเวลา โดยคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่น้ำจะเหมาะสมกับพื้นที่และสามารถเจริญเติบโตได้ในระบบ ทั้งนี้ เพื่อสร้างเป็นระบบนิเวศย่อยๆ ขึ้นภายในบ่อ ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งพันธุ์ไม้ชายเลน ได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสม ลำพู ฝาด สาหร่ายทะเล ได้แก่ สาหร่ายไส้ไก่ สาหร่ายผมนาง สาหร่ายเม็ดพริกไทย และพันธุ์ไม้อื่นๆ เช่น ผักเบี้ย ผักเป็ด ผักบุง เป็นต้น เพื่อทำหน้าที่ควบคุมและบำบัดน้ำทางชีวภาพของระบบฯ นอกจากนี้ ภายในบ่อยังมีการปล่อยเลี้ยงสัตว์น้ำบางๆ ได้แก่ ปลานิล ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 200 ตัว กุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไม ขนาดพี 12 อย่างละ 5,000 ตัว และผูกเลี้ยงหอยแมลงภู่ ขนาด 10 กก./ถุง จำนวน 15 ถุง บริเวณราวสะพาน เพื่อช่วยบำบัดคุณภาพน้ำและรักษาสมดุล

ของระบบ อีกทั้งยังจะเป็นผลผลิตและรายได้เสริมหมุนเวียนภายในฟาร์มอีกทางหนึ่งด้วย

นอกจากนี้ ตามขอบบ่อภายในพื้นที่ฟาร์มทดลองยังได้มีการปลูกพันธุ์ไม้ชายเลน คือ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสม ลำพู เพื่อเป็นร่มเงาและช่วยปรับสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มให้เหมาะสมทั้งต่อผู้เลี้ยง/อยู่อาศัยและต่อสัตว์น้ำต่างๆ ที่เลี้ยงในระบบอีกด้วย

1.3 สำนักงานโครงการ ห้องปฏิบัติการที่อยู่อาศัย บ้านพักคนงาน พื้นที่ปลูกพืชผักสวนครัว และพื้นที่ใช้สอย (25% ของพื้นที่) :

มีองค์ประกอบที่สำคัญ กล่าวคือ สถานที่บริหารจัดการฟาร์มและโครงการวิจัย ห้องจัดเก็บและเตรียมอาหารสัตว์น้ำ ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำ และตรวจสอบสุขภาพสัตว์น้ำ ที่พักเจ้าหน้าที่โครงการ บ้านพักคนงาน แปลงปลูกพืชผักสวนครัว ไม้ผล ไม้ประดับ เช่น กลัวย มะขาม พุทรา แคน มะยม มะรุม กระเจี๊ยบ พริก ชะคราม บอน รวมไปถึงพื้นที่ใช้สอยทั่วไปภายในฟาร์ม ได้แก่ ที่จอดรถ ที่เตรียมวัสดุเลี้ยง ที่ซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์การเลี้ยง และที่สำคัญบริหารจัดการจำหน่ายผลผลิตสัตว์น้ำเป็นต้น



Figure 2 Integrated aquaculture farming system and products

2. การจัดการระบบฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ

ผสมผสานแบบบูรณาการ

ในการจัดการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเน้นให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นหลัก สุ่มตรวจวัดขนาดและซังน้ำหนักสัตว์น้ำทุกสัปดาห์เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตและสุขภาพสัตว์น้ำ พร้อมปรับปริมาณอาหารตามขนาดสัตว์น้ำและระยะเวลาการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น โดยมีการเสริมอาหารธรรมชาติจากสาหร่ายที่นำลงผูกเลี้ยงและเกิดขึ้นเองภายในระบบให้อากาศภายในบ่อด้วยเครื่องตีน้ำชนิดมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ 10 โบริต จำนวนตามความเหมาะสมของแต่ละบ่อและตามความจำเป็นเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อมภายในบ่อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและสมดุลแก่พืชและสัตว์น้ำที่ปลูก/เลี้ยงตลอดเวลา รวมทั้งมีการดูแลและจัดการในเรื่องที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น การซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์การเลี้ยง บั๊มน้ำ เครื่องตีน้ำ การป้องกันศัตรูตามธรรมชาติของสัตว์น้ำ เป็นต้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

สำหรับการจัดการระบบเลี้ยงฯ ดังกล่าว เป็นแบบกึ่งปิด (Semi-closed system) ไม่มีการใช้

ยาและสารเคมีตลอดการเลี้ยง โดยมีการสูบน้ำจากคลองส่งน้ำเดิมลงบ่อพักและบำบัดน้ำในช่วงน้ำขึ้นในวันที่น้ำภายนอกมีสภาพดี พร้อมทั้งจัดให้มีการถ่ายเทและหมุนเวียนน้ำภายในฟาร์มตามช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยปล่อยผ่านทางท่อซีเมนต์ที่เชื่อมต่อจากบ่อพักและบำบัดน้ำไปสู่บ่อเลี้ยงต่างๆ เพื่อทดแทนน้ำที่หายไปจากการระเหยและรั่วซึมของบ่อ ทั้งนี้เพื่อควบคุมทั้งคุณภาพน้ำและระดับน้ำในบ่อต่างๆ ของระบบฟาร์มให้เหมาะสมและสมดุลอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้เมื่อจับสัตว์น้ำก็จะถ่ายน้ำลงบ่อพักและบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยมีการทิ้งน้ำน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นตลอดการเลี้ยง นอกจากนี้มีการเก็บข้อมูลการเลี้ยงในส่วนต่างๆ อย่างเป็นระบบ โดยการสุ่มซังวัดขนาด น้ำหนัก และสุขภาพสัตว์น้ำ ปริมาณอาหารที่ให้ ตลอดถึงการตรวจวัด

และวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งในบ่อเลี้ยง บ่อพักและบำบัดน้ำ และคลองส่งน้ำ เป็นประจำอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลองเลี้ยง

ในการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระบบเลี้ยง ความเค็มใช้เครื่องมือ Hand Refracto-

salinometer ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น MR100ATC อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ตรวจวัดด้วยเครื่องมือ DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 55-25 FT ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตรวจวัดด้วย เครื่อง pHTester 10 ไนไตรท์ (NO₂) ไนเตรท (NO₃) แอมโมเนีย (NH₃) ฟอสเฟต (PO₄) และ ซิลิกา (Si) ใช้วิธี Colorimetric method และ อัลคาไลน์ (Alkalinity) ใช้วิธี Titration Method (APHA, AWWA & WEF, 1995)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชต่างๆ ในระบบการเลี้ยงพืชและสัตว์น้ำผสมผสานแบบ บูรณาการที่พัฒนาขึ้น เป็นเวลาประมาณ 4 เดือน พบว่า ปลากระพงขาว ปลาทับทิม ปลานิล กุ้งขาว แวนนาไม กุ้งกุลาดำ และหอยแมลงภู่ ในส่วนต่างๆ

ของระบบฟาร์มทดลอง รวมถึงสาหร่ายสีเขียว และ พันธุ์ไม้ชายเลน อันได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกาง ใบเล็ก แสม ลำพู ผาด ทั้งหมดสามารถอยู่รอดและ เจริญเติบโตได้ดีในระบบเลี้ยง โดยพืชและสัตว์น้ำ ต่างๆ ดังกล่าว มีแนวโน้มของการเอื้อเพื่อเกื้อกูล กันระหว่างกัน จนเกิดเป็นระบบนิเวศย่อยๆ ภายในฟาร์มทดลองอย่างเหมาะสมและสมดุล รวมทั้งยังสามารถให้ผลผลิตในระดับที่น่าพอใจ ตามวัตถุประสงค์และแนวทางที่วางไว้

ผลการทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบฟาร์ม ผสมผสานแบบบูรณาการ

จากการทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบฟาร์ม ผสมผสานแบบบูรณาการ รวมเวลาประมาณ 4 เดือน ปรากฏผลผลิตสัตว์น้ำดัง Table 1

Table 1 Production of aquatic animals after rearing in integrated aquaculture farming system

Pond	Species	Rearing Rate (individual/pond)	Survival rate (%)	Production (kg/pond)	Average Size	Harvesting (Days)	FCR
Culture Pond #1	Pacific white shrimp	110,000	79.51	1,504.5	58.23 individuals/kg	130–140	1.42
Culture Pond #2	Seabass	1,000	84.50	270.5	0.32 kg/individual	138	1.61
	Rad tilapia	1,000	81.20	535.0	0.68 kg/individual	131, 138	1.68
	Black tiger shrimp	25,000	20.00	57.4	35.35 individuals/kg	140	No data
Treatment pond	Tilapia	200	95.00	150.0	0.70 kg/individual	150	No data
	Seabass	100	56.00	46.5	0.83 kg/individual	150	No data
	Black tiger shrimp	5,000	20.00	40.0	40 individuals/kg	140	No data
	Pacific white shrimp	5,000	20.00	80.0	33.76 individuals/kg	140	No data

Note: Total production of green mussel from culture pond #2 and treatment pond after 100 days rearing were 22.5 kg.

Average size were 100 individuals/kg

ทั้งนี้ จากผลการทดลองเลี้ยงดังกล่าวสามารถอธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบเลี้ยง และมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อเกษตรกรรายย่อยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ดังนี้

ในบ่อเลี้ยงที่ 1 ซึ่งปล่อยเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนา จำนวน 110,000 ตัว ในบ่อขนาด 2 ไร่ (55,000 ตัว/ไร่) จากผลการทดลองเลี้ยงพบว่า กุ้งขาวมีการเจริญเติบโตดี สามารถจัดการเลี้ยงได้ตามเวลาที่กำหนดและให้ผลผลิตตามเป้าหมายที่วางไว้ ทั้งที่ก่อนหน้านี้อบเลี้ยงดังกล่าวทางเอกชนเจ้าของพื้นที่ได้ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำแบบเชิงเดี่ยวมาหลายรอบแต่ไม่ประสบความสำเร็จโดยปลาและสัตว์น้ำที่เลี้ยงมักตายเมื่อผ่านการเลี้ยงไปได้ระยะหนึ่ง (ไม่เกิน 2 เดือน) แต่ผลการทดลองเลี้ยงในครั้งนี้ กลับพบว่าเลี้ยงได้และสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 1,504.5 กก. ขนาดเฉลี่ย 58.23 ตัว/กก. ทั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเลี้ยงด้วยระบบผสมผสานแบบบูรณาการที่มีการหมุนเวียนน้ำเชื่อมต่อถึงกันทั้งระบบนี้ ทำให้พืชและและสัตว์น้ำที่ปลูกและเลี้ยงในส่วนต่างๆ จะมีส่วนส่งเสริมและเอื้อเพื่อเกื้อกูลอย่างใดอย่างหนึ่งต่อกันอย่างเหมาะสม จึงทำให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในส่วนต่างๆ ของระบบฟาร์มมีการอยู่อาศัยและเจริญเติบโตได้ดีมากขึ้นกว่าการเลี้ยงเชิงเดี่ยวโดยทั่วไป ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นไปได้มากกว่าการจัดการเลี้ยงในระบบนี้จะสามารถนำบ่อเลี้ยงกุ้งร้างที่ไม่ได้ใช้งานแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อันจะเป็นการเพิ่มพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งให้มากขึ้นได้ต่อไป

ปลาหับทิม ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 1,000 ตัว ที่ปล่อยเลี้ยงใน 2 กระจก (500 ตัว/กระจก) ในบ่อเลี้ยงที่ 2 พบว่า ปลามีการกินอาหารและเจริญเติบโตได้ดีมากตลอดการเลี้ยง และมีการแตกไข่เล็กน้อย โดยสามารถให้ผลผลิตได้สูงถึง 535.0 กก. มีขนาดเฉลี่ย 0.68 กก./ตัว ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากสภาวะการเลี้ยงดังกล่าวน่าจะมีความเหมาะสมกับปลาชนิดนี้ ประกอบกับเป็นปลาที่มีราคาค่อนข้างสูงชนิดหนึ่งในตลาด จึงมีความ

เหมาะสมมากที่เกษตรกรจะพิจารณาเลือกเพื่อนำมาเลี้ยงในระบบต่อไป

ปลากะพงขาว ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 1,000 ตัว ที่ปล่อยเลี้ยงในอีก 2 กระจก (500 ตัว/กระจก) ในบ่อเลี้ยงที่ 2 พบว่า การเจริญเติบโตไม่ดีมากนัก โดยมีขนาดเฉลี่ยของปลาหลังจับที่ 0.32 กก./ตัว และมีการแตกไข่ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากปลาไม่ค่อยกินอาหาร โดยให้ผลผลิตรวม 270.5 กก. และมีอัตราการแลกเนื้อ (FCR) เท่ากับ 1.61 โดยมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต ซึ่งได้ทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในกระจก ที่ระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งพบว่า มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.3842 กก./ตัว และ FCR เท่ากับ 1.3 (กรมประมง, มปป.) โดยผลการเลี้ยงที่เกิดขึ้นดังกล่าวอาจเป็นผลมาจาก 2 ปัจจัยสำคัญ คือ อาหารที่ให้ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำ มีลักษณะเม็ดอาหารที่ค่อนข้างแข็ง อาจไม่เหมาะกับพฤติกรรมการกินอาหารของปลากะพงขาว รวมถึงสภาวะการเลี้ยงในกระจกภายในบ่อดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมมากนักกับปลาชนิดนี้ที่ชอบอยู่อาศัยในที่กว้างๆ คุณภาพน้ำค่อนข้างดีตลอดเวลา หรือต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมาก โดยสังเกตจากในขณะให้อาหารพบว่าปลาไม่ค่อยขึ้นมาสูบอาหารมากเท่าที่ควร สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาอาจมีการเปลี่ยนเป็นอาหารชนิดเม็ดกึ่งเปียกหรือให้อาหารสดเสริมบ้าง จะทำให้ปลากินอาหารได้มากและเจริญเติบโตดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอาจส่งผลทำให้คุณภาพน้ำในบ่อแปรปรวนได้ง่ายและต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ตลอดถึงอาจทำให้เกิดโรคแก่สัตว์น้ำที่เลี้ยงในระบบได้ จึงควรพิจารณาในการเลือกใช้และต้องอยู่ภายใต้การควบคุมระบบและจัดการคุณภาพน้ำที่เข้มข้นมากขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว นอกจากนี้ลูกพันธุ์ปลากะพงขาวที่นำมาเลี้ยงก็อาจมีคุณภาพไม่ดีพอหรืออาจเป็นปลารวมรุ่น จึงทำให้เมื่อนำมาเลี้ยงแล้วมีการแตกไข่และเลี้ยงไม่โตเท่าที่ควร สำหรับข้อเสนอแนะในส่วนนี้ การคัดเลือกชนิดพันธุ์ปลาที่มีราคาสูงมากมาเลี้ยงอาจไม่ใช่ปัจจัยสำคัญมากนัก แต่ควรพิจารณาเลือก

ชนิดที่มีพฤติกรรมการอยู่อาศัยที่เหมาะสมกับระบบ แม้อาณาไม่สูงมากนักก็ตาม โดยสามารถเอื้อเพื่อเกื้อกูลและส่งเสริมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างต่อระบบ และควรเป็นชนิดที่มีการจัดการเลี้ยงไม่ยุ่งยาก และไม่ส่งผลเสียใดๆ ต่อระบบเลี้ยงโดยรวม จะมีความเหมาะสมและเป็นประโยชน์มากกว่า

กึ่งกุลาดำ จำนวน 25,000 ตัว (12,500 ตัว/ไร่) ที่ปล่อยเลี้ยงในบ่อเลี้ยงที่ 2 พบว่า กึ่งมีการเจริญเติบโตดีในช่วงต้น แต่หลังจากนั้นพบมีการแตกไซส์มากและมีอัตราการรอดที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เหตุผลหลักน่าจะมาจากปริมาณการปล่อยที่มากเกินไปเกินศักยภาพของบ่อและระบบที่รองรับได้ทัน โดยเฉพาะความจำกัดของปริมาณอาหารธรรมชาติและที่อยู่อาศัยภายในบ่อ เนื่องจากสภาพบ่อที่มีขนาด 2 ไร่ ซึ่งไม่ใหญ่มากนักเมื่อเทียบกับบ่อเลี้ยงกึ่งโดยทั่วไป อีกทั้งเป็นบ่อที่มีการปรับปรุงใหม่และมีระยะเวลาเตรียมบ่อที่ไม่นานมากนัก จึงอาจยังเกิดอาหารธรรมชาติไม่มากพอ ประกอบกับการจัดการเลี้ยงที่ไม่มีการให้อาหารแก่กึ่งโดยตรง โดยมุ่งเน้นให้กึ่งกินเศษอาหารเหลือจากปลาที่เลี้ยงในกระชังและสัตว์หน้าดินต่างๆ ที่เกิดขึ้นเองภายในบ่อเป็นหลัก อีกทั้งโดยธรรมชาติของกึ่งกุลาดำจะมีพฤติกรรมแก่งแย่งพื้นที่โดยมีการฝังตัวและกินกันเองเมื่อมีตัวที่อ่อนแอกว่าหรือเมื่อลอกคราบสำหรับข้อเสนอแนะในส่วนนี้ ควรพิจารณาอัตราการปล่อยให้เหมาะสมกับขนาดบ่อและปริมาณอาหารธรรมชาติที่เกิดขึ้นในขณะนั้น (ไม่ต้องปล่อยเผื่อตาย) โดยในที่นี่อัตราการปล่อยที่ 2,500-5,000 ตัว/ไร่ น่าจะเพียงพอแล้ว ประกอบกับวิธีการจัดการเลี้ยงโดยทยอยจับกึ่งบางส่วน (ประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณปล่อยเริ่มต้น) เมื่อได้ขนาดที่ขายได้หลังผ่านการเลี้ยง 3 เดือน ก็นับว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสมกับระบบการเลี้ยงแบบนี้ ซึ่งนอกจากจะทำให้มีรายได้หมุนเวียนกลับมาเป็นค่าใช้จ่ายภายในฟาร์มแล้ว ยังจะเป็นการปรับความหนาแน่นของสัตว์น้ำภายในบ่อใหม่ให้เหมาะสมเพื่อการเลี้ยงกึ่งขนาดใหญ่ต่อไป นอกจากนี้การพิจารณา

ให้อาหารเสริมแก่กึ่งบ้างก็เป็นทางเลือกที่ดีอีกอย่างหนึ่งในการจัดการเลี้ยง โดยทั้งหมดดังกล่าว นอกจากจะช่วยลดต้นทุนค่าลูกพันธุ์ ค่าอาหาร ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการจัดการที่เกี่ยวข้องต่างๆ แล้ว ยังจะช่วยเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนโดยรวมของระบบการเลี้ยงแบบบูรณาการ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการใช้บ่อเลี้ยงให้เกิดประโยชน์สูงสุดและช่วยป้องกันความเสี่ยงของบ่อก่อนเวลาอันควรอีกด้วย

สำหรับพันธุ์สัตว์น้ำที่ปล่อยเลี้ยงเสริมบางๆ ในบ่อพักและบำบัดน้ำของระบบเลี้ยงฯ ทั้งปลากะพงขาว ปลานิล กึ่งขาวแวนนาไม และกึ่งกุลาดำพบว่าทั้งหมดสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเสริมแก่ระบบฟาร์มทดลองได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ด้วยสภาวะแวดล้อมของระบบเลี้ยงโดยรวมที่มีการปรับสมดุลอย่างเหมาะสมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ในช่วงท้ายของการทดลองเลี้ยงยังพบว่ามีลูกปลานิลจำนวนมากเกิดขึ้นภายในบ่อ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนลูกพันธุ์ในการเลี้ยงรุ่นต่อไปได้ดี สำหรับหอยแมลงภู่ที่นำมาทดลองผูกเลี้ยงในระบบฯ ทั้งในบ่อเลี้ยงที่ 2 และในบ่อพักและบำบัดน้ำ พบว่ามีการเจริญเติบโตไม่มากนัก อาจเนื่องมาจากสภาวะการเลี้ยงภายในบ่อที่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำน้อยอาจไม่เหมาะสมกับหอยชนิดนี้ โดยเป็นผลผลิตเสริมและสามารถใช้เป็นอาหารภายในฟาร์มได้ แต่อย่างไรก็ตามได้มีหอยกะพงพันธุ์พื้นเมืองเกิดขึ้นเองภายในบ่อมากพอสมควรซึ่งเป็นผลผลิตเสริมอีกอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาประกอบอาหารภายในฟาร์มได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

ในส่วนของพันธุ์ไม้ชายเลนที่ปลูกเลี้ยงในระบบ โดยเฉพาะในบ่อพักและบำบัดน้ำ จากผลการศึกษาพบว่า ต้นลำพูสามารถปรับตัวได้ดีโตเร็ว และเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยมีทรงพุ่มค่อนข้างกว้าง นอกจากนี้ยังมีระบบรากอากาศที่โผล่ขึ้นจากพื้นดินบริเวณโคนต้นจำนวนมากทำให้เป็นแหล่งอยู่อาศัยและหลบภัยของสัตว์น้ำต่างๆ และน่าจะมีส่วนสำคัญในการบำบัดน้ำในระบบฯ ได้ดีอีกด้วย สำหรับพันธุ์ไม้ที่เจริญเติบโตได้ดี

รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว และฝาด ตามลำดับ โดยพบว่าหลังปลูก ทั้ง 4 ชนิดดังกล่าวปรับตัวได้ค่อนข้างช้ากว่าต้นลำพู แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปรับตัวได้แล้วก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีและมีส่วนส่งเสริมและสนับสนุนซึ่งกันและกัน และช่วยในการบำบัดและควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเลี้ยงได้เป็นอย่างดีเช่นเดียวกัน

สำหรับพันธุ์สาหร่ายทะเล จากผลการศึกษาพบว่าหลังการทดลองปล่อยเลี้ยงในระบบ สาหร่ายใส้ไก่ สามารถเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ในระบบได้ดีที่สุดและพบมีการแพร่กระจายไปในทุกบ่อ มากน้อยแตกต่างกัน โดยพบมากที่สุดใบบ่อเลี้ยงที่ 2 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อมของการเลี้ยงและปริมาณธาตุอาหารภายในบ่อที่เหมาะสมกว่าบ่ออื่นๆ โดยสามารถเก็บเกี่ยวใช้เป็นอาหารเสริมแก่ปลาที่เลี้ยงในกระชังได้เป็นอย่างดี แต่สำหรับใบบ่อเลี้ยงที่ 1 ที่มีกุ้งขาวแวนนาไมอยู่หนาแน่นและน้ำค่อนข้างขุ่นจึงไม่เหมาะสมกับสาหร่าย และใบบ่อพักและบำบัดน้ำซึ่งมีปลานิลที่กินชอบกินสาหร่ายเป็นอาหาร จึงไม่สามารถเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ได้มากนัก ในส่วนของสาหร่ายเม็ดพริกไทยและสาหร่ายเขากวาง ซึ่งได้มีการนำมาทดลองปล่อยเลี้ยงในระบบด้วยนั้น พบว่าทั้งสองชนิดดังกล่าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อม ความเค็ม ตลอดจนถึงปริมาณธาตุอาหารในระบบเลี้ยงและในพื้นที่แถบนี้ที่มีระดับความเค็มค่อนข้างต่ำ อาจไม่เหมาะสมต่อเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสองชนิดดังกล่าว (Troell *et al.*, 1997)

ในส่วนของพันธุ์ไม้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ พบว่าจำพวกผักเบี้ย ผักบุ้ง และหญ้า เป็นชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามริมขอบบ่อและบางส่วนมีการเลื้อยลงไปในบ่อพักและบำบัดน้ำ นับว่ามีความเหมาะสมสำหรับการปลูกเลี้ยงในระบบเนื่องจากด้วยลำต้นที่เตี้ยและเลื้อยไปกับพื้นสามารถเป็นที่อยู่อาศัยและเลี้ยงตัวของปลาและสัตว์น้ำต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะ

กับลูกปลานิลที่เกิดขึ้นภายในบ่อ นอกจากนี้ผักบุ้งยังสามารถนำมาประกอบอาหารภายในฟาร์มได้อย่างเหมาะสม แต่ในส่วนของผักขมและชะครามไม่เหมาะสมกับระบบ เนื่องจากเจริญเติบโตลำต้นมีทรงสูง เป็นพุ่ม ทำให้ขอบบ่อมีสภาพรกและอาจเป็นที่อาศัยหรือหลบซ่อนของศัตรูจำพวกงูและอื่นๆ ได้ง่าย ทั้งยังไม่มีส่วนในการบำบัดและควบคุมคุณภาพน้ำในระบบ โดยมีการเจริญเติบโตเร็วและตายเร็วอาจส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำได้ จึงควรกำจัดโดยตัดหรือถอนทิ้งเป็นระยะๆ หรือปลูกเพียงเพื่อใช้เป็นพืชผักสวนครัวจะเหมาะสมมากกว่า

ในด้านการจัดการคุณภาพน้ำ และสภาพแวดล้อมในระบบเลี้ยง เนื่องจากในที่นี้เป็นระบบการเลี้ยงที่มีการคัดเลือกชนิดสัตว์น้ำและพันธุ์พืชที่เหมาะสมต่าง ๆ นำมาปลูก/เลี้ยงผสมผสานแบบบูรณาการในรูปแบบที่กำหนดไว้ โดยอาศัยองค์ความรู้และเลียนแบบการอยู่อาศัยตามธรรมชาติของพืชและสัตว์น้ำต่างๆ ดังกล่าว โดยการสร้างเป็นระบบนิเวศย่อยๆ ขึ้น และมีการจัดการน้ำให้

สามารถหมุนเวียนต่อเนื่องถึงกันทั้งระบบเป็นสำคัญ จึงทำให้พืชและสัตว์น้ำที่ปลูก/เลี้ยงในแต่ละส่วนของระบบสามารถมีส่วนเอื้อเพื่อเกื้อกูลและสนับสนุนส่งเสริมซึ่งกันและกันได้เป็นอย่างดี จึงส่งผลให้สามารถควบคุมคุณภาพน้ำและรักษาสสมดุลในส่วนต่างๆ ของระบบได้ดีและไม่แปรปรวนมากนักตลอดการเลี้ยง จนทำให้สามารถยืดเวลาการเลี้ยงได้นานตามที่ต้องการ ทั้งยังสามารถยืดอายุการใช้บ่อและพื้นที่เลี้ยงได้อย่างยาวนานต่อไปด้วย โดยสอดคล้องกับผลการศึกษาของเผด็จศักดิ์และคณะ, 2544; สุภลัคน์ และคณะ, 2544; สมบัติและคณะ, 2550; กุชงค์, 2554; Shpigel, *et al.*, 1993; Butterworth, 2010 สำหรับผลการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระบบเลี้ยงฯ ตลอดการทดลองเลี้ยง ดังแสดงไว้ใน Table 2

Table 2 Water quality in average (3 replicates) from each month and each station in integrated aquaculture farming system

Sampling Station	Month	Parameters ^{1, 2} (unit)									
		Sal (ppt)	Temp (°C)	DO (mg/l)	pH	NO ₂ (mgN/l)	NO ₃ (mgN/l)	NH ₃ (mgN/l)	PO ₄ (mgP/l)	Si (mgSi/l)	Alk (mg/l)
Culture Pond #1	Apr	19.8	33.1	5.7	8.3	0.00	0.02	0.04	0.24	0.73	120.6
	May	19.1	31.8	5.0	8.3	0.01	0.02	0.08	0.32	1.01	122.2
	Jun	16.1	31.7	5.8	7.9	0.00	0.01	0.04	0.14	0.69	113.5
	Sep	13.8	30.9	5.7	8.2	0.02	0.03	0.16	0.17	1.25	118.9
Culture Pond #2	Apr	20.0	33.2	7.8	8.3	0.00	0.01	0.05	0.15	0.33	113.5
	May	19.4	31.8	4.9	8.3	0.01	0.01	0.04	0.20	0.43	121.7
	Jun	16.2	31.7	5.4	8.1	0.02	0.02	0.05	0.15	0.54	117.4
	Sep	14.5	30.8	5.9	8.2	0.02	0.03	0.16	0.17	1.25	115.9
Treatment Pond	Apr	18.0	33.4	6.4	8.2	0.01	0.02	0.13	0.15	0.36	116.8
	May	14.7	32.1	5.6	8.1	0.01	0.04	0.06	0.27	0.19	124.8
	Jun	9.7	32.1	5.6	8.0	0.01	0.01	0.04	0.26	0.67	112.0
	Sep	11.0	31.2	7.3	8.5	0.01	0.01	0.06	0.43	1.61	115.6
Drainage Canel	Apr	16.0	34.1	7.9	8.2	0.02	0.02	0.47	0.20	1.25	120.1
	May	10.0	32.7	6.5	8.1	0.01	0.02	0.20	0.27	2.53	125.5
	Jun	7.8	32.4	4.1	8.1	0.02	0.03	0.30	0.13	1.39	120.3
	Sep	10.6	32.0	4.7	8.0	0.01	0.02	0.10	0.22	1.63	117.4

Note: ¹Sal=water salinity (ppt=part per thousand), Temp=water temperature (°C=degree celcius), DO=dissolved oxygen (mg/l=milligram/liter), NO₂=nitrite (mg-N/l=milligram nitrogen/liter), NO₃=nitrate (mg-N/l= milligram nitrogen/liter), NH₃=ammonia (mg-N/l= milligram nitrogen/liter), PO₄=Phosphate (mg-P/l=milligram phosphorus/liter), Si=silicate (mg-Si/l=milligram silica/liter, Alk= mg/l as CaCO₃)

²The total parameters of water qualities were not significantly difference among each ponds (ANOVA: $P < 0.05$)

ทั้งนี้ จากผลการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระบบเลี้ยงผสมผสานแบบบูรณาการในบ่อเลี้ยงที่ 1 บ่อเลี้ยงที่ 2 บ่อพักและบำบัดน้ำ และคลองส่ง/ระบายน้ำ ตลอดเวลาการทดลองเลี้ยง 4 เดือนดังกล่าว พบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมในบ่อเลี้ยงทั้งสองบ่ออยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มที่แตกต่างเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับในบ่อพักและบำบัดน้ำและคลองส่ง/ระบายน้ำที่อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำโดยรวมทั้งระบบในแต่ละเดือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด ($P > 0.05$) ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากการจัดการเลี้ยงผสมผสานแบบบูรณาการที่นำมาใช้นี้ ซึ่งเป็นระบบการเลี้ยงแบบกึ่งปิด (Semi-closed system) ที่มีการเติมน้ำเข้าบ่อพัก

และบำบัดน้ำในช่วงน้ำขึ้นที่น้ำภายนอกมีคุณภาพเหมาะสม โดยมีการส่งถ่ายและหมุนเวียนน้ำภายในฟาร์มเป็นระยะๆ ทั้งเพื่อควบคุมระดับน้ำและควบคุมคุณภาพน้ำในส่วนต่างๆ ของระบบอยู่เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้คุณภาพน้ำโดยรวมในระบบค่อนข้างนิ่งและมีความเหมาะสมต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยงอยู่ในแต่ละส่วนของระบบอยู่ตลอดเวลา อันจะเป็นผลที่ดีกว่าอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกรเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงเดี่ยวโดยทั่วไป อีกทั้ง ในการจัดการเลี้ยงฯ ที่มุ่งเน้นในการบำบัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำนำกลับมาใช้ใหม่เป็นสำคัญ โดยมีการทิ้งน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกน้อยมากเท่าที่จำเป็น จึงมีส่วนช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงได้มาก นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันเชื้อโรคจากภายนอกที่จะเข้าสู่ฟาร์ม ทำให้สามารถยึด

ระยะเวลาเลี้ยงได้ยาวนานตามที่ต้องการ และนำไปสู่ระบบการจัดการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบเบ็ดเสร็จและยั่งยืนในอนาคตต่อไป

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการในระบบฟาร์มต้นแบบที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น ในพื้นที่ประมาณ 8 ไร่ เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า สัตว์น้ำและพืชพันธุ์ต่างๆ ที่คัดเลือกนำมาปลูก/เลี้ยงในแต่ละส่วนของระบบ มีพัฒนาการและการเจริญเติบโตได้ดีตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ทั้งยังสามารถให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ ในบ่อเลี้ยงที่ 1 ซึ่งปล่อยเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนา จำนวน 110,000 ตัว มีผลผลิตสูงถึง 1,504.5 กก. ขนาดเฉลี่ย 58.23 กก./ตัว ในบ่อเลี้ยงที่ 2 ซึ่งเลี้ยงแบบผสมผสานโดยปล่อยเลี้ยงปลาทับทิมและปลากะพงขาวอย่างละ 1,000 ตัว ในกระชังภายในบ่อ พบว่าปลาทับทิมเจริญเติบโตดีมาก มีขนาดเฉลี่ย 0.68 กก./ตัว และให้ผลผลิตได้ถึง 535.0 กก. แม้ว่าปลากะพงขาวจะเจริญเติบโตไม่ดึ้นกแต่ก็ยังให้ผลผลิตได้ถึง 270.5 กก. รวมทั้งยังมีผลผลิตจากกุดาต้า 25,000 ตัว ที่ปล่อยเลี้ยงให้เก็บกินอาหารธรรมชาติภายในบ่อและอาหารเหลือจากปลา จำนวน 57.4 กก. นอกจากนี้ ระบบเลี้ยงฯ ยังมีผลผลิตเสริมจากหอยแมลงภู่ที่นำมาทดลองผูกเลี้ยงภายในบ่อ รวมไปถึงปลากะพงขาว ปลาไนล์ กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ ที่ปล่อยเลี้ยงบางๆ ในบ่อพักและบ่อบำบัดน้ำอีกทางหนึ่งด้วย สำหรับพันธุ์ไม้ที่คัดเลือกมาปลูกเลี้ยงในระบบฯ พบว่า ต้นลำพูเจริญเติบโตได้ดีที่สุด สำหรับต้นโกกงางใบใหญ่ โกกงางใบเล็ก แสมขาว และผาด รวมไปถึงพืชพันธุ์อื่นๆ ทั้งผักเบี๋ย ผักบุ้ง และหญ้า ก็เจริญเติบโตได้ดีในลำดับรองลงมาและมีส่วนส่งเสริมและสนับสนุนซึ่งกันและกันในระบบฯ ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีสาหร่ายไส้ไก่ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและสามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่สัตว์น้ำที่เลี้ยงในระบบฯ ได้อีกทางหนึ่งด้วย ทั้งนี้ ด้วยความ

เหมาะสมและสมดุลของพืชและสัตว์น้ำที่เลี้ยงจนเกิดเป็นระบบนิเวศย่อยๆ ขึ้นในระบบฟาร์มทดลองทำให้ในช่วงท้ายของการเลี้ยงจึงมีลูกพันธุ์ปลาไนล์และหอยกะพงพันธุ์พื้นเมืองเกิดขึ้นโดยเฉพาภายในบ่อพักและบ่อบำบัดน้ำ ซึ่งนอกจากจะเป็นผลผลิตเสริมที่ดีแก่ระบบฟาร์ม ยังแสดงถึงความสมบูรณ์ของระบบการเลี้ยงที่ได้พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ ทั้งยังเป็นปัจจัยต่อยอดที่สำคัญอันจะนำไปสู่การพัฒนาาระบบฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการที่สามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืนในอนาคตต่อไป

ในที่นี้จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า ระบบการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงพืชและสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการ เป็นระบบการผลิตสัตว์น้ำแบบเบ็ดเสร็จที่มีการจัดการไม่ยุ่งยาก และเป็นไปตามตามหลักวิชาการอย่างเหมาะสม โดยสามารถให้ผลผลิตที่หลากหลายจากทุกส่วนของระบบ อีกทั้งยังเป็นระบบการผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จึงควรสนับสนุนให้เกษตรกรรายย่อยนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพอย่างเหมาะสมและยั่งยืนต่อไป

คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2551-2552 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ พร้อมทั้งได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีในการจัดการเลี้ยง รวมไปถึงพื้นที่ฟาร์มทดลองจากบริษัท ไทยยูเนียน ฟีดมิลล์ จำกัด หมู่ที่ 2 ตำบลกาหลง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (มปป.). การเลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates cacarifer Bloch*) ในกระชังขนาดใหญ่. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2562 สืบค้นจาก <https://www.fisheries.go.th/cf-phuket/aofamru/%20Lates%20calcarifer.pdf>.

- กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. (2560). *นากุ้งผสมผสานสวน น้อมนำปรัชญาพอเพียง*. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2562 สืบค้นจาก https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/176/8003.
- ชนกันต์ จิตมนัส. (2559). นวัตกรรมเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. *วารสารเกษตรพระวรุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 13(2), 116-125
- ทยากร สุวรรณรัตน์. (2552). *การพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิดความหนาแน่นสูงโดยผสมผสานตัวกรองชีวภาพในτριพีเคชั่นและดีไนتریฟิเคชั่น*. (น. 123). วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- เผด็จศักดิ์ จารยะพันธุ์ และสมภพ รุ่งสุภา. (2544). *ระบบการผลิตพืชและสัตว์น้ำสำหรับอนาคต: การเพาะเลี้ยงทางน้ำแบบบูรณาการ คู่มือธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำผลิตภัณฑ์สำหรับสัตว์น้ำ และอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่งออก*. (น. 8-10). กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภุชงค์ ศรีอ่วม. (2554). *ระบบบูรณาการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของปลา จุลสาหร่าย แพลงก์ตอนสัตว์ และพืชน้ำ*. วิทยานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2561). *แนวปฏิบัติในการใช้มาตรฐานสินค้าเกษตรการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี สำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์น้ำจืด*. (น. 63). กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุภลักษณ์ ธีรวิชย์, สมภพ รุ่งสุภา และเผด็จศักดิ์ จารยะพันธุ์. (2544). การทดลองระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดเบื้องต้นเพื่อการเลี้ยงหอยเป่าฮือ ปลากระพงขาว และสาหร่ายทะเลแบบบูรณาการ. ใน *การประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เรื่อง การจัดการและการใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการ*. วันที่ 6-8 ธันวาคม 2544. (น. 11). เชียงใหม่: โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว.
- สมบัติ อินทร์คง, ชลธยา ทรงรูป, พอจำ อรรถยกานนท์, สุรพล ชูณหะบัณฑิต, สมภพ รุ่งสุภา, อิทธิพร ตันทุลลวณิชย์, จีราวัฒน์ จิตริเชาว์ และเผด็จศักดิ์ จารยะพันธุ์. (2550). *การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจผสมผสานแบบบูรณาการในระบบบ่อเลี้ยง*. บทความวิชาการ. ใน *หนังสือครบรอบ 16 ปี แห่งการสถาปนาสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ*. (น. 87-93). กรุงเทพฯ: เอสทีซี มีเดีย & มาเก็ตติ้ง.
- APHA, AWWA, & WEF. (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (19th ed.). Maryland:United Book.
- Butterworth, A. (2010). *Integrated Multi-Trophic Aquaculture systems incorporating abalone and seaweeds*. Report for Nuffield Australia Project, 914.
- Gooley, G. J., & Gavine, F. M. (2003). *Integrated Agri-Aquaculture Systems: A Resource Handbook for Australian Industry Development*. (p.183). Australia: Rural Industries Research and Development Corporation.

- NACA/FAO. (2000). *Aquaculture Development Beyond 2000: The Bangkok Declaration and Strategy*: In *Conference on Aquaculture in the Third Millenium*. Thailand, Bangkok.
- Neori, A., Shpigel, M., & Ben-Ezra, D. (2000). A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, 186 (3-4), 279-291.
- Shpigel, M., Neori, A., Popper, D. M., & Gordin, H. (1993). A proposed model for "environmentally clean" land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. *Aquaculture*, 117 (1-2), 115-128.
- Troell, M., Halling, C., Nilsson, A., Buschmann, A. H., Kautsky, N., & Kautsky, L. (1997). Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*, 156 (1-2), 45-61.
- Zhou, Q., Li, K., Jun, X., & Bo, L. (2009). Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. *Bioresource Technology*, 100(16), 3780-3786.