ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการเพื่อเป็นอาชีพทางเลือกของเกษตรกรรายย่อยตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

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

สมบัติ อินทร์คง,[1] พอจำ อรัณยกานนท์,[1] สุรพล ชุณหบัณฑิต,[1] จินตนา สะและน้อย,[2] อานุภาพ พานิชผล,[1] ฐานิญา ตัณฑวณิช,[3] กนกอร ขำเพชร,[2] วีระพล ฐิติพงษ์ตระกูล[1] และชัดนารี มีสุขโข[4]*

Sombat Inkong,[1*] Porcham Aranyakananda, [1]Suraphon Chunhabundit,[1] Jintana Salaenoi,[2] Arnupap Panichpol,[1] Thaniya Tanthawanich,[3] Kanok-orn Kumpech,[2] Weeraphol Thitipongtrakool[1] and Chatnaree Meesukko[4]

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

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

[1*]สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารสถาบัน 3 ชั้น 9 ถ.พญาไท เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ 10330
Aquatic Resources Research Institute, Chulalongkorn University, Institute building #3, 9th Floor, Phyathai 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

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 กุ้งขาวแวนนาไมในบ่อเลี้ยงแบบพัฒนามีผลผลิตรวม 1,504.5 กิโลกรัม ขนาดเฉลี่ย 58.23 ตัว/กิโลกรัม ส่วนบ่อเลี้ยงแบบผสมผสานมีผลผลิตปลากะพงขาว 270.5 กิโลกรัม ปลาทับทิม 535.0 กิโลกรัม และกุ้งกุลาดำ 57.4 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังมีผลผลิตเสริมจากปลา กุ้ง และหอยในบ่อพักและบำบัดน้ำอีกด้วย โดยพืชและสัตว์น้ำที่ปลูก/เลี้ยงในระบบมีการเจริญเติบโตค่อนข้างดี พบมีการเอื้อเฟื้อเกื้อกูลกัน และมีการใช้และถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันภายในระบบอย่างสมดุล จึงเป็นระบบการผลิตแบบเบ็ดเสร็จ ครบวงจร สามารถให้ผลผลิตที่หลากหลายในทุกส่วนของระบบ อีกทั้งยังเป็นระบบการผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์ที่ปลอดสารพิษ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมีความคุ้มค่า สามารถเลี้ยงตัวเองได้อย่างเหมาะสมตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ: ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ การเลี้ยงแบบบูรณาการ การเลี้ยงผสมผสาน เกษตรกรรายย่อย เศรษฐกิจพอเพียง

คำนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นกิจกรรมที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนา เนื่องจากตลาดยังมีความต้องการอาหารอีกมากจากประชากรที่เพิ่มขึ้น แต่กระบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยส่วนใหญ่ยังยึดติดอยู่กับรูปแบบเดิมที่เคยชิน 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) รวมไปถึงการกำหนดให้ต้องจดทะเบียนฟาร์ม ซึ่งส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นสำคัญ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561; กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2560; ชนกันต์, 2559; NACA/FAO, 2000) สำหรับระบบการผลิตพืชและสัตว์น้ำแบบผสมผสานที่ดำเนินการบนพื้นฐานการอยู่อาศัยตามธรรมชาติของพืชและสัตว์น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตหลายๆ อย่างในเวลาเดียวกันยังไม่มีการพัฒนามากเท่าที่ควร ทั้งที่วิธีดังกล่าวน่าจะเป็นแนวทางที่ดีในการเพิ่มศักยภาพของปัจจัยการผลิต ช่วยลดต้นทุน ลดความเสี่ยง ตลอดถึงสามารถป้องกันปัญหาในด้านราคา และช่วยเพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจ (ทยากร, 2552; Gooley and Gavine, 2003) ทั้งยังจะสามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืนมากกว่าอีกด้วย

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการในที่นี้ เป็นการคัดเลือกเอาพืชและสัตว์น้ำชนิดที่เหมาะสมมาเลี้ยงรวมกันโดยเชื่อมต่อกันเป็นระบบการเลี้ยง ยึดหลักการอยู่อาศัยร่วมกันได้ของพืชและสัตว์ที่เลี้ยง มีการเอื้อเฟื้อเกื้อกูลกันอย่างใดอย่างหนึ่ง และ/หรือ มีการส่งถ่ายพลังงานต่อกันภายในระบบอย่างสมดุล โดยมุ่งหมายให้เป็นระบบการเลี้ยงแบบเบ็ดเสร็จ ครบวงจร มีของเสียถ่ายเทสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ซึ่งนอกจากจะเป็นระบบที่ให้ผลผลิตหลากหลายและสามารถใช้ประโยชน์จากปัจจัยการผลิตและบ่อเลี้ยงได้อย่างคุ้มค่า ยังสามารถให้ผลตอบแทนโดยรวมต่อการลงทุนสูงและมีความเสี่ยงน้อย จึงเหมาะแก่การนำไปใช้ในกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่และต้นทุนไม่มากนัก โดยเป็นวิธีการเลี้ยงที่รับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม มีการดำเนินการอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ สามารถใช้เป็นแนวทางในการประกอบอาชีพเลี้ยงตัวเองได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช

สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบระบบการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการที่เหมาะกับเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ไม่เกิน 10 ไร่ ที่มีการจัดสรรพื้นที่ใช้สอย ใช้ทรัพยากรและวัตถุดิบภายในฟาร์มอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีการจัดการและควบคุมระบบอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ คำนึงถึงการใช้และถ่ายทอดพลังงานตลอดถึงการเอื้อเฟื้อเกื้อกูลกันของสิ่งมีชีวิตในระบบอย่างสมดุล ให้ดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีผลผลิตและผลตอบแทนที่คุ้มค่า สามารถเลี้ยงตัวเองได้อย่างเหมาะสม และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยส่วนรวม นอกจากนี้ ยังเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการศึกษาวิจัยเพื่อสนับสนุนการประกอบอาชีพแก่เกษตรกรรายย่อยตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ อีกทั้งยังเป็นการบูรณาการงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไปสู่ชุมชน โดยการลงทุนและทำวิจัยร่วมกันกับภาคเอกชนอย่างเหมาะสมและเป็นธรรม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการร่วมกับภาคเอกชนในพื้นที่ฟาร์มทดลองของบริษัทไทยยูเนี่ยน ฟีดมิลล์ จำกัด เลขที่ 89/1 หมู่ที่ 2 ตำบลกาหลง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร มีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

1. การสร้างระบบต้นแบบฟาร์มทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการ

พื้นที่ฟาร์มทดลองของโครงการฯ มีขนาดประมาณ 8 ไร่ ประกอบไปด้วย บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจำนวน 2 บ่อ และบ่อพักและบำบัดน้ำ 1 บ่อ มีการจัดวางระบบฟาร์ม โดยวางท่อซีเมนต์เชื่อมต่อบ่อต่างๆ เพื่อการถ่ายเทและหมุนเวียนน้ำที่ต่อเนื่องถึงกันทั้งระบบ มีสำนักงานโครงการ/ที่อยู่อาศัย/บ้านพักคนงาน ปลูกพืชผักสวนครัวบริเวณขอบบ่อรวมถึงพื้นที่ใช้สอยภายในฟาร์ม และมีคลองส่งน้ำเข้าสู่ฟาร์มและรางระบายน้ำอยู่ติดกับพื้นที่ 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) จัดการเลี้ยงโดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปในอัตราที่เหมาะสมตามปริมาณกุ้งในบ่อที่สุ่มได้ตลอดการเลี้ยง การเตรียมบ่อ ใส่ปูน ปุ๋ย จุลินทรีย์ กากน้ำตาล และให้อากาศด้วยเครื่องตีน้ำแบบใบพัดเช่นเดียวกับเกษตรกรทั่วไป และ บ่อที่ 2 ขนาด 2 ไร่ ปล่อยเลี้ยงสัตว์น้ำแบบ

ผสมผสาน เพื่อเป็นแหล่งรายได้ลำดับรองภายในฟาร์ม อันได้แก่ กุ้งกุลาดำ โดยปล่อยกุ้งขนาดพี 12 จำนวน 25,000 ตัว (12,500 ตัว/ไร่) ลงในบ่อ เลี้ยงร่วมกับปลากะพงขาวและปลาทับทิม ขนาด 3 นิ้ว อย่างละ 1,000 ตัว ที่ปล่อยเลี้ยงในกระชังขนาด 4 x 4 x 3 เมตร อย่างละ 2 กระชัง ในอัตรา 500 ตัว/กระชัง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปในอัตราที่เหมาะสม โดยปรับปริมาณอาหารตามขนาดปลาที่สุ่มได้ในแต่ละช่วงเวลา ควบคุมระบบเลี้ยงและคุณภาพน้ำภายในบ่อให้เหมาะสมและสมดุลอยู่ตลอดเวลา โดยให้กุ้งกุลาดำเก็บกินอาหารธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายในบ่อและอาหารเหลือจากปลาเป็นสำคัญ และมีการให้อาหารเสริมบ้างตามความเหมาะสมของอาหารธรรมชาติและคุณภาพน้ำภายในบ่อในขณะนั้นๆ มีกำหนดเวลาการทดลองเลี้ยงรวม 4 เดือน โดยจะทยอยจับขายบางส่วน (ประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณที่ปล่อย) เมื่อสัตว์น้ำได้ขนาดที่เหมาะสมตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป เพื่อเป็นรายได้หมุนเวียนภายในฟาร์ม และเพื่อปรับความหนาแน่นภายในบ่อใหม่สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่อย่างเหมาะสมต่อไป

นอกจากนี้ การเลี้ยงแบบผสมผสานในบ่อเลี้ยงที่ 2 ยังมีการทำแพสาหร่ายบริเวณกลางบ่อ เพื่อช่วยบำบัด/ควบคุมคุณภาพน้ำและเป็นอาหารเสริมแก่สัตว์น้ำที่เลี้ยง รวมถึงมีการผูกเลี้ยงหอยแมลงภู่ ขนาด 10 กิโลกรัม/ถุง จำนวน 4 ถุง บริเวณสะพานและเสากระชังเพื่อเป็นรายได้เสริมและเป็นอาหารภายในฟาร์มอีกด้วย

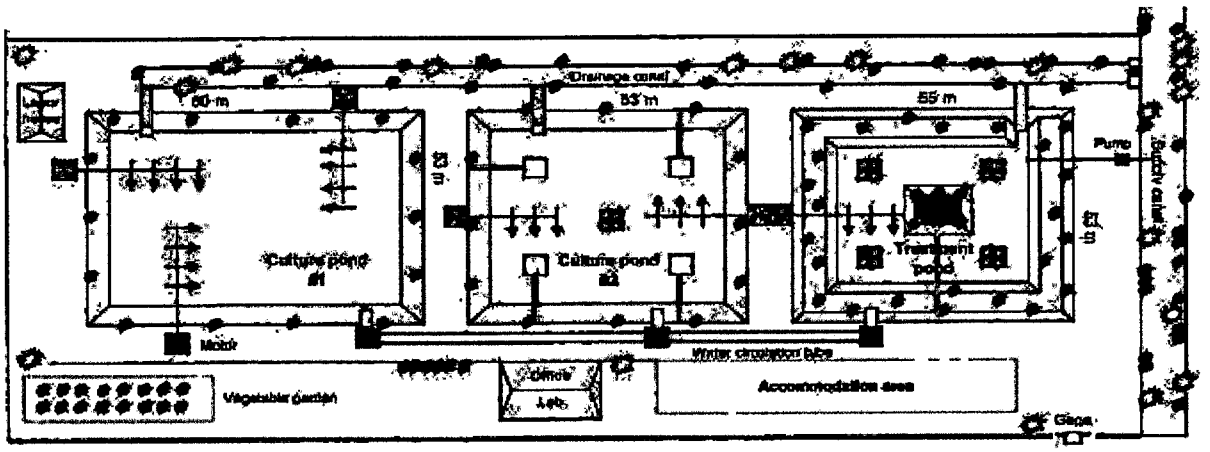
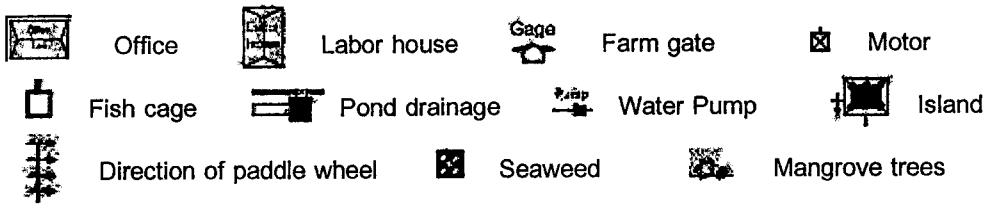


Figure 1 Schematic of integrated aquaculture farming system



1.2 บ่อพักและบำบัดน้ำ (25% ของพื้นที่) : ขนาดประมาณ 2 ไร่ โดยออกแบบและปรับปรุงบ่อให้เหมาะสมต่อการปลูกเลี้ยงพันธุ์ไม้ชายเลน สาหร่าย และไม้น้ำต่างๆ พร้อมทั้งได้วางท่อซีเมนต์เชื่อมต่อไปยังบ่อเลี้ยงต่างๆ ให้สามารถถ่ายเทและหมุนเวียนน้ำภายในฟาร์มได้ง่าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดและควบคุมคุณภาพน้ำในแต่ละส่วนของระบบฟาร์มให้สมดุลและเหมาะสมกับสัตว์น้ำที่เลี้ยงอยู่ตลอดเวลา โดยคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่น่าจะเหมาะสมกับพื้นที่และสามารถเจริญเติบโตได้ในระบบ ทั้งนี้ เพื่อสร้างเป็นระบบนิเวศย่อยๆ ขึ้นภายในบ่อ ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งพันธุ์ไม้ชายเลน ได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสม ลำพู ฝาด สาหร่ายทะเล ได้แก่ สาหร่ายไส้ไก่ สาหร่ายผมนาง สาหร่ายเม็ดพริกไทย และ

พันธุ์ไม้น้ำอื่นๆ เช่น ผักเบี้ย ผักเป็ด ผักบุ้ง เป็นต้น เพื่อทำหน้าที่ควบคุมและบำบัดน้ำทางชีวภาพของระบบฯ นอกจากนี้ ภายในบ่อยังมีการปล่อยเลี้ยงสัตว์น้ำบางๆ ได้แก่ ปลานิล ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 200 ตัว กุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไม ขนาดพี 12 อย่างละ 5,000 ตัว และผูกเลี้ยงหอยแมลงภู่ ขนาด 10 กิโลกรัม/ถุง จำนวน 15 ถุง บริเวณราวสะพานเพื่อช่วยบำบัดคุณภาพน้ำและรักษาสมดุลของระบบ อีกทั้งยังจะเป็นผลผลิตและรายได้เสริมหมุนเวียนภายในฟาร์มอีกทางหนึ่งด้วย

นอกจากนี้ ตามขอบบ่อภายในพื้นที่ฟาร์มทดลองยังได้มีการปลูกพันธุ์ไม้ชายเลน คือ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสม ลำพู เพื่อเป็นร่มเงาและช่วยปรับสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มให้เหมาะสมทั้งต่อผู้เลี้ยง/อยู่อาศัยและต่อสัตว์น้ำต่างๆ ที่เลี้ยงในระบบอีกด้วย

1.3 สำนักงานโครงการ ห้องปฏิบัติการ ที่อยู่อาศัย บ้านพักคนงาน พื้นที่ปลูกพืชผักสวนครัว และพื้นที่ใช้สอย (25% ของพื้นที่) : มีองค์ประกอบที่สำคัญ กล่าวคือ สถานที่บริหารจัดการฟาร์มและโครงการวิจัย ห้องจัดเก็บและเตรียมอาหารสัตว์น้ำ ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำและตรวจสอบสุขภาพสัตว์น้ำ ที่พักเจ้าหน้าที่โครงการ บ้านพักคนงาน แปลงปลูกพืชผักสวนครัว ไม้ผล ไม้ประดับ เช่น กล้วย มะขาม พุทรา แคมะยม มะรุม กระเจี๊ยบ พริก ชะคราม บอน รวมไปถึงพื้นที่ใช้สอยทั่วไปภายในฟาร์ม ได้แก่ ที่จอดรถ ที่เตรียมวัสดุเลี้ยง ที่ซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์การเลี้ยง และที่สำหรับจัดการจำหน่ายผลผลิตสัตว์น้ำ เป็นต้น

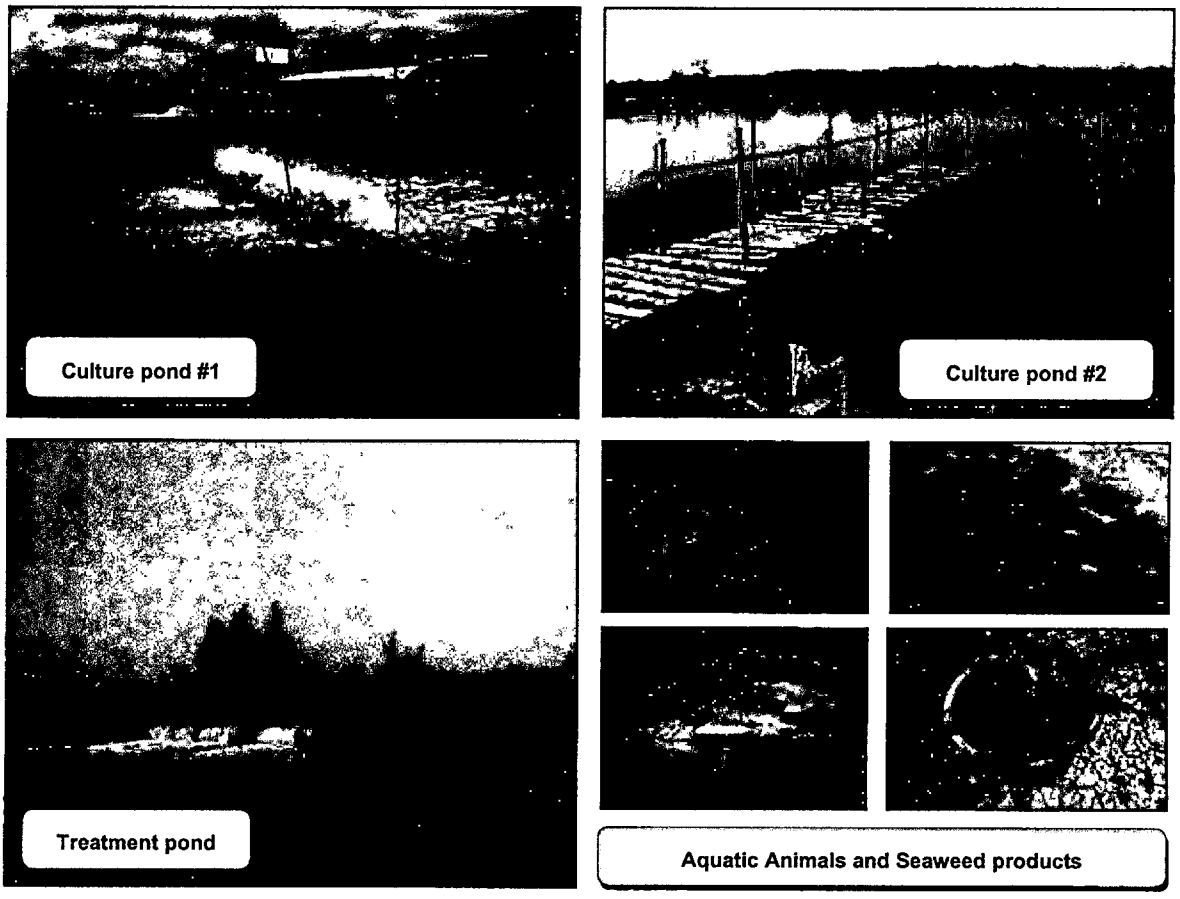


Figure 2 Integrated aquaculture farming system and products

2. การจัดการระบบฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการ

ในการจัดการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเน้นให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นหลัก สุ่มตรวจวัดขนาดและชั่งน้ำหนักสัตว์น้ำทุกสัปดาห์เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตและสุขภาพสัตว์น้ำ พร้อมปรับปริมาณอาหารตามขนาดสัตว์น้ำและระยะเวลาการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น โดยมีการเสริมอาหารธรรมชาติจากสาหร่ายที่นำลงผูกเลี้ยงและเกิดขึ้นเองภายในระบบ ให้อากาศภายในบ่อด้วยเครื่องตีน้ำชนิดมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ 10 ใบพัด จำนวนตามความเหมาะสมของแต่ละบ่อและตามความจำเป็นเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อมภายในบ่อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและสมดุลแก่พืชและสัตว์น้ำที่ปลูก/เลี้ยงตลอดเวลา รวมทั้งมีการดูแลและจัดการในเรื่องที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น การซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์การเลี้ยง ปั๊มน้ำ เครื่องตีน้ำ การป้องกันศัตรูตามธรรมชาติของสัตว์น้ำ เป็นต้น อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาการเลี้ยง

สำหรับการจัดการระบบเลี้ยงฯ ดังกล่าวเป็นแบบกึ่งปิด (Semi-closed system) ไม่มีการใช้ยาและสารเคมีตลอดการเลี้ยง โดยมีการสูบน้ำจากคลองส่งน้ำเติมลงบ่อพักและบำบัดน้ำในช่วงน้ำขึ้นในวันที่น้ำภายนอกมีสภาพดี พร้อมทั้งจัดให้มีการถ่ายเทและหมุนเวียนน้ำภายในฟาร์มตามช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยปล่อยผ่านทางท่อซีเมนต์ที่เชื่อมต่อจากบ่อพักและบำบัดน้ำไปสู่บ่อเลี้ยงต่างๆ เพื่อทดแทนน้ำที่หายไปจากการระเหยและรั่วซึมของบ่อ ทั้งนี้เพื่อควบคุมทั้งคุณภาพน้ำและระดับน้ำในบ่อต่างๆ ของระบบฟาร์มให้เหมาะสมและสมดุลอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้เมื่อจับสัตว์น้ำก็จะถ่ายน้ำลงบ่อพักและบำบัดน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยมีการทิ้งน้ำน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นตลอดการเลี้ยง นอกจากนี้มีการเก็บข้อมูลการเลี้ยงในส่วนต่างๆ อย่างเป็นระบบ โดยการสุ่มชั่งวัดขนาด น้ำหนัก และสุขภาพสัตว์น้ำ ปริมาณอาหารที่ให้ ตลอดถึงการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งในบ่อเลี้ยง บ่อพักและบำบัดน้ำ และคลองส่งน้ำ เป็นประจำอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลองเลี้ยง

ในการตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระบบเลี้ยง ความเค็มใช้เครื่องมือ Hand Refracto-salinometer ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น MR100ATC อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตรวจวัดด้วยเครื่องมือ DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 55-25 FT ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตรวจวัดด้วยเครื่อง pHTester 10 ไนไตรท์ (NO_2) ไนเตรท (NO_3) แอมโมเนีย (NH_3) ฟอสเฟต (PO_4) และซิลิเกต (Si) ใช้วิธี Colorimetric method และอัลคานินิตี้ (Alkalinity) ใช้วิธี Titration Method (APHA, AWWA and WEF, 1995)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชต่างๆ ในระบบการเลี้ยงพืชและสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการที่พัฒนาขึ้น เป็นเวลาประมาณ 4 เดือน พบว่า ปลากะพงขาว ปลาทับทิม ปลานิล กุ้งขาวแวนนาไม กุ้งกุลาดำ และหอยแมลงภู่ ในส่วนต่างๆ ของระบบฟาร์มทดลอง รวมถึงสาหร่ายไส้ไก่ และพันธุ์ไม้ชายเลน อันได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสม ลำพู ฝาด ทั้งหมดสามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตได้ดีในระบบเลี้ยง โดยพืชและสัตว์น้ำต่างๆ ดังกล่าว มีแนวโน้มของการเอื้อเฟื้อเกื้อกูลกันระหว่างกัน จนเกิดเป็นระบบนิเวศย่อยๆ ภายในฟาร์มทดลองอย่างเหมาะสมและสมดุล รวมทั้งยังสามารถให้ผลผลิตในระดับที่น่าพอใจ ตามวัตถุประสงค์และแนวทางที่วางไว้

ผลการทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบฟาร์มผสมผสานแบบบูรณาการ

จากการทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบฟาร์มผสมผสานแบบบูรณาการ 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 จากผลการทดลองเลี้ยงดังกล่าว สามารถอธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบเลี้ยง และมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อเกษตรกรรายย่อยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ดังนี้

ในบ่อเลี้ยงที่ 1 ซึ่งปล่อยเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนา จำนวน 110,000 ตัว ในบ่อขนาด 2 ไร่ (55,000 ตัว/ไร่) จากผลการทดลองเลี้ยง พบว่ากุ้งขาวมีการเจริญเติบโตดี สามารถจัดการเลี้ยงได้ตามเวลาที่กำหนดและให้ผลผลิตตามเป้าหมายที่วางไว้ ทั้งที่ก่อนหน้านี้บ่อเลี้ยงดังกล่าวทางเอกชนเจ้าของพื้นที่ได้ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำแบบเชิงเดี่ยวมาหลายรอบแต่ไม่ประสบความสำเร็จ โดยปลาและสัตว์น้ำที่เลี้ยงมักตายเมื่อผ่านการเลี้ยงไปได้ระยะหนึ่ง (ไม่เกิน 2 เดือน) แต่ผลการทดลองเลี้ยงในครั้งนี้ กลับพบว่าเลี้ยงได้และสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 1,504.5 กิโลกรัม ขนาดเฉลี่ย 58.23 ตัว/กิโลกรัม ทั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเลี้ยงด้วยระบบผสมผสานแบบบูรณาการที่มีการหมุนเวียนน้ำเชื่อมต่อถึงกันทั้งระบบนี้ ทำให้พืชและและสัตว์น้ำที่ปลูกและเลี้ยงในส่วนต่างๆ จะมีส่วนส่งเสริมและเอื้อเฟื้อเกื้อกูลอย่างใดอย่างหนึ่งต่อกันอย่างเหมาะสม จึงทำให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในส่วนต่างๆ ของระบบฟาร์มมีการอยู่อาศัยและเจริญเติบโตได้ดีมากขึ้นกว่าการเลี้ยงเชิงเดี่ยวโดยทั่วๆ ไป ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นไปได้มากว่าการจัดการเลี้ยงในระบบนี้จะสามารถนำบ่อเลี้ยงกุ้งร้างที่ไม่ได้ใช้งานแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ อันจะเป็นการเพิ่มพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งให้มากขึ้นได้ต่อไป

ปลาทับทิม ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 1,000 ตัว ที่ปล่อยเลี้ยงใน 2 กระชัง (500 ตัว/กระชัง) ในบ่อเลี้ยงที่ 2 พบว่า ปลามีการกินอาหารและเจริญเติบโตได้ดีมากตลอดการเลี้ยง และมีการแตกไซส์น้อย โดยสามารถให้ผลผลิตได้สูงถึง 535.0 กิโลกรัม มีขนาดเฉลี่ย 0.68 กิโลกรัม/ตัว ทั้งนี้ อาจ

เป็นผลเนื่องมาจากสภาวะการเลี้ยงดังกล่าวน่าจะมีความเหมาะสมกับปลาชนิดนี้ ประกอบกับเป็นปลาที่มีราคาค่อนข้างสูงชนิดหนึ่งในตลาด จึงมีความเหมาะสมมากที่เกษตรกรจะพิจารณาเลือกเพื่อนำมาเลี้ยงในระบบต่อไป

ปลากะพงขาว ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 1,000 ตัว ที่ปล่อยเลี้ยงในอีก 2 กระชัง (500 ตัว/กระชัง) ในบ่อเลี้ยงที่ 2 พบว่า การเจริญเติบโตไม่ดีมากนัก โดยมีขนาดเฉลี่ยของปลาหลังจับที่ 0.32 กิโลกรัม/ตัว และมีการแตกไซส์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปลาไม่ค่อยกินอาหาร โดยให้ผลผลิตรวม 270.5 กิโลกรัม และมีอัตราการแลกเนื้อ (FCR) เท่ากับ 1.61 โดยมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งภูเก็ต ซึ่งได้ทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชัง ที่ระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งพบว่า มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.3842 กิโลกรัม/ตัว และ FCR เท่ากับ 1.3 (กรมประมง, มปป.) โดยผลการเลี้ยงที่เกิดขึ้นดังกล่าวอาจเป็นผลมาจาก 2 ปัจจัยสำคัญ คือ อาหารที่ให้ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำ มีลักษณะเม็ดอาหารที่ค่อนข้างแข็ง อาจไม่เหมาะกับพฤติกรรมการกินอาหารของปลากะพงขาว รวมถึงสภาวะการเลี้ยงในกระชังภายในบ่อดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมมากนักกับปลาชนิดนี้ที่ชอบอยู่อาศัยในที่กว้างๆ คุณภาพน้ำค่อนข้างดีตลอดเวลา หรือต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมาก โดยสังเกตจากในขณะที่ให้อาหารพบว่าปลาไม่ค่อยขึ้นมาฮุบอาหารมากเท่าที่ควร สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาอาจมีการเปลี่ยนเป็นอาหารชนิดเม็ดกึ่งเปียกหรือให้อาหารสดเสริมบ้าง จะทำให้ปลากินอาหารได้มากและเจริญเติบโตดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอาจส่งผลทำให้คุณภาพน้ำในบ่อแปรปรวนได้ง่ายและต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ตลอดถึงอาจทำให้เกิดโรคแก่สัตว์น้ำที่เลี้ยงในระบบได้ จึงควรพิจารณาในการเลือกใช้และต้องอยู่ภายใต้การควบคุมระบบและจัดการคุณภาพน้ำที่เข้มข้นมากขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว นอกจากนี้ลูกพันธุ์ปลากะพงขาวที่นำมาเลี้ยงก็อาจมีคุณภาพไม่ดีพอหรืออาจเป็นปลารวมรุ่น จึงทำให้เมื่อนำมาเลี้ยงแล้วมีการแตกไซส์และเลี้ยงไม่โตเท่าที่ควร สำหรับข้อเสนอแนะในส่วนนี้ การคัดเลือกชนิดพันธุ์ปลาที่มีราคาสูงมากมาเลี้ยงอาจไม่ใช่ปัจจัยสำคัญมากนัก แต่ควรพิจารณาเลือกชนิดที่มีพฤติกรรมการอยู่อาศัยที่เหมาะสมกับระบบ แม้ราคาไม่สูงมากนักก็ตาม โดยสามารถเอื้อเฟื้อเกื้อกูลและส่งเสริมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างต่อระบบ และควรเป็นชนิดที่มีการจัดการเลี้ยงไม่ยุ่งยาก และไม่ส่งผลเสียใดๆ ต่อระบบเลี้ยงโดยรวม จะมีความเหมาะสมและเป็นประโยชน์มากกว่า

กุ้งกุลาดำ จำนวน 25,000 ตัว (12,500 ตัว/ไร่) ที่ปล่อยเลี้ยงในบ่อเลี้ยงที่ 2 พบว่า กุ้งมีการเจริญเติบโตดีในช่วงต้น แต่หลังจากนั้นพบมีการแตกไซส์มากและมีอัตราการรอดที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เหตุผลหลักน่าจะมาจากปริมาณการปล่อยที่มากเกินศักยภาพของบ่อและระบบที่รองรับได้ทันโดยเฉพาะความจำกัดของปริมาณอาหารธรรมชาติและที่อยู่อาศัยภายในบ่อ เนื่องจากสภาพบ่อที่มีขนาด 2 ไร่ ซึ่งไม่ใหญ่มากนักเมื่อเทียบกับบ่อเลี้ยงกุ้งโดยทั่วไป อีกทั้งเป็นบ่อที่มีการปรับปรุงใหม่และมีระยะการเตรียมบ่อที่ไม่นานมากนัก จึงอาจยังเกิดอาหารธรรมชาติไม่มากพอ ประกอบกับการจัดการเลี้ยงที่ไม่มีการให้อาหารแก่กุ้งโดยตรง โดยมุ่งเน้นให้กุ้งกินเศษอาหารเหลือจากปลาที่เลี้ยงในกระชังและสัตว์หน้าดินต่างๆ ที่เกิดขึ้นเองภายในบ่อเป็นหลัก อีกทั้งโดยธรรมชาติของกุ้งกุลาดำจะมีพฤติกรรมแก่งแย่งพื้นที่โดยมีการฝังตัวและกินกันเองเมื่อมีตัวที่อ่อนแอกว่าหรือเมื่อลอกคราบ สำหรับข้อเสนอแนะในส่วนนี้ ควรพิจารณาอัตราการปล่อยให้เหมาะสมกับขนาดบ่อและปริมาณอาหารธรรมชาติที่เกิดขึ้นในขณะนั้น (ไม่ต้องปล่อยเผื่อตาย) โดยในที่นี้อัตราการปล่อยที่ 2,500-5,000 ตัว/ไร่ น่าจะเพียงพอแล้ว ประกอบกับวิธีจัดการเลี้ยงโดยทยอยจับกุ้งบางส่วน (ประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณปล่อยเริ่มต้น) เมื่อได้ขนาดที่ขายได้หลังผ่านการเลี้ยง 3 เดือน ก็นับว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสมกับระบบการเลี้ยงแบบนี้ ซึ่งนอกจากจะทำให้มีรายได้หมุนเวียนกลับมาเป็นค่าใช้จ่ายภายในฟาร์มแล้ว ยังจะเป็นการปรับความหนาแน่นของสัตว์น้ำภายในบ่อใหม่ให้เหมาะสมเพื่อการเลี้ยง

กุ้งขนาดใหญ่ต่อไป นอกจากนี้การพิจารณาให้อาหารเสริมแก่กุ้งบ้างก็เป็นทางเลือกที่ดีอีกอย่างหนึ่งในการจัดการเลี้ยง โดยทั้งหมดดังกล่าวนอกจากจะช่วยลดต้นทุนค่าลูกพันธุ์ ค่าอาหาร ตลอดถึงค่าใช้จ่ายในการจัดการที่เกี่ยวข้องต่างๆ แล้ว ยังจะช่วยเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนโดยรวมของระบบการเลี้ยงแบบบูรณาการ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการใช้บ่อเลี้ยงให้เกิดประโยชน์สูงสุด และช่วยป้องกันความเสื่อมโทรมของบ่อก่อนเวลาอันควรอีกด้วย

สำหรับพันธุ์สัตว์น้ำที่ปล่อยเลี้ยงเสริมบางๆ ในบ่อพักและบำบัดน้ำของระบบเลี้ยงฯ ทั้งปลากะพงขาว ปลานิล กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ พบว่าทั้งหมดสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเสริมแก่ระบบฟาร์มทดลองได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ด้วยสภาวะแวดล้อมของระบบเลี้ยงโดยรวมที่มีการปรับสมดุลอย่างเหมาะสมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ในช่วงท้ายของการทดลองเลี้ยงยังพบว่ามีลูกปลานิลจำนวนมากเกิดขึ้นภายในบ่อ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนลูกพันธุ์ในการเลี้ยงรุ่นต่อๆ ไปได้ดี สำหรับหอยแมลงภู่ที่นำมาทดลองผูกเลี้ยงในระบบฯ ทั้งในบ่อเลี้ยงที่ 2 และในบ่อพักและบำบัดน้ำ พบว่ามีการเจริญเติบโตไม่ดีนัก อาจเนื่องมาจากสภาวะการเลี้ยงภายในบ่อที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยอาจไม่เหมาะกับหอยชนิดนี้ โดยเป็นผลผลิตเสริมและสามารถใช้เป็นอาหารภายในฟาร์มได้ แต่อย่างไรก็ตามได้มีหอยกะพงพันธุ์พื้นเมืองเกิดขึ้นเองภายในบ่อมากพอสมควร ซึ่งเป็นผลผลิตเสริมอีกอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาประกอบอาหารภายในฟาร์มได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

ในส่วนของพันธุ์ไม้ชายเลนที่ปลูกเลี้ยงในระบบ โดยเฉพาะในบ่อพักและบำบัดน้ำ จากผลการศึกษาพบว่า ต้นลำพูสามารถปรับตัวได้ดี โตเร็ว และเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยมีทรงพุ่มค่อนข้างกว้าง นอกจากนี้ยังมีระบบรากอากาศที่โผล่ขึ้นจากพื้นดินบริเวณโคนต้นจำนวนมากทำให้เป็นแหล่งอยู่อาศัยและหลบภัยของสัตว์น้ำต่างๆ และน่าจะมีส่วนสำคัญในการบำบัดน้ำในระบบฯ ได้ดีอีกด้วย สำหรับพันธุ์ไม้ที่เจริญเติบได้ดีรองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว และฝาด ตามลำดับ โดยพบว่าหลังปลูกทั้ง 4 ชนิดดังกล่าวปรับตัวได้ค่อนข้างช้ากว่าต้นลำพู แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปรับตัวได้แล้วก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีและมีส่วนส่งเสริมและสนับสนุนซึ่งกันและกัน และช่วยในการบำบัดและควบคุมคุณภาพน้ำในระบบเลี้ยงได้เป็นอย่างดีเช่นเดียวกัน

สำหรับพันธุ์สาหร่ายทะเล จากผลการศึกษาพบว่าหลังการทดลองปล่อยเลี้ยงในระบบสาหร่ายไส้ไก่ สามารถเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ในระบบได้ดีที่สุดและพบมีการแพร่กระจายไปในทุกบ่อ มากน้อยแตกต่างกัน โดยพบมากที่สุดในบ่อเลี้ยงที่ 2 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อมของการเลี้ยงและปริมาณธาตุอาหารภายในบ่อที่เหมาะสมกว่าบ่ออื่นๆ โดยสามารถเก็บเกี่ยวใช้เป็นอาหารเสริมแก่ปลาทับทิมที่เลี้ยงในกระชังได้เป็นอย่างดี แต่สำหรับในบ่อเลี้ยงที่ 1 ที่มีกุ้งขาวแวนนาไมอยู่หนาแน่นและน้ำค่อนข้างขุ่นจึงไม่เหมาะสมกับสาหร่าย และในบ่อพักและบำบัดน้ำซึ่งมีปลานิลที่กินชอบกินสาหร่ายเป็นอาหาร จึงไม่สามารถเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ได้มากนัก ในส่วนของสาหร่ายเม็ดพริกไทยและสาหร่ายเขากวางซึ่งได้มีการนำมาทดลองปล่อยเลี้ยงในระบบด้วยนั้น พบว่าทั้งสองชนิดดังกล่าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อม ความเค็มตลอดถึงปริมาณธาตุอาหารในระบบเลี้ยงและในพื้นที่แถบนี้ที่มีระดับความเค็มค่อนข้างต่ำ อาจไม่เหมาะสมต่อเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสองชนิดดังกล่าว (Troell *et al.*, 1997)

ในส่วนของพันธุ์ไม้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ พบว่าจำพวกผักเบี้ย ผักบุ้ง และหญ้า เป็นชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามริมขอบบ่อและบางส่วนมีการเลื้อยลงไปในบ่อพักและบำบัดน้ำ นับว่ามีความเหมาะสมสำหรับการปลูกเลี้ยงในระบบเนื่องจากด้วยลำต้นที่เตี้ยและเลื้อยไปกับพื้นสามารถเป็นที่อยู่อาศัยและเลี้ยงตัวของปลาและสัตว์น้ำต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะกับลูกปลานิลที่เกิดขึ้นภายในบ่อ นอกจากนี้ผักบุ้งยังสามารถนำมาประกอบอาหารภายในฟาร์มได้อย่างเหมาะสม แต่ในส่วนของผักขมและชะครามไม่

เหมาะสมกับระบบ เนื่องจากเจริญเติบโตลำต้นมีทรงสูง เป็นพุ่ม ทำให้ขอบบ่อมีสภาพรกและอาจเป็นที่อาศัยหรือหลบซ่อนของศัตรูจำพวกงูและอื่นๆ ได้ง่าย ทั้งยังไม่มีส่วนในการบำบัดและควบคุมคุณภาพน้ำในระบบ โดยมีการเจริญเติบโตเร็วและตายเร็วอาจส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำได้ จึงควรกำจัดโดยตัดหรือถอนทิ้งเป็นระยะๆ หรือปลูกเพียงเพื่อใช้เป็นพืชผักสวนครัวจะเหมาะสมมากกว่า

ในด้านการจัดการคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อมในระบบเลี้ยง เนื่องจากในที่นี้เป็นระบบการเลี้ยงที่มีการคัดเลือกชนิดสัตว์น้ำและพันธุ์พืชที่เหมาะสมต่างๆ นำมาปลูก/เลี้ยงผสมผสานแบบบูรณาการในรูปแบบที่กำหนดไว้โดยอาศัยองค์ความรู้และเลียนแบบการอยู่อาศัยตามธรรมชาติของพืชและสัตว์น้ำต่างๆ ดังกล่าว โดยการสร้างเป็นระบบนิเวศย่อยๆ ขึ้น และมีการจัดการน้ำให้สามารถหมุนเวียนต่อเนื่องถึงกันทั้งระบบเป็นสำคัญ จึงทำให้พืชและสัตว์น้ำที่ปลูก/เลี้ยงในแต่ละส่วนของระบบสามารถมีส่วนเอื้อเฟื้อเกื้อกูลและสนับสนุนส่งเสริมซึ่งกันและกันได้เป็นอย่างดี จึงส่งผลให้สามารถควบคุมคุณภาพน้ำและรักษาสมดุลในส่วนต่างๆ ของระบบได้ดีและไม่แปรปรวนมากนักตลอดการเลี้ยง จนทำให้สามารถยืดเวลาการเลี้ยงได้นานตามที่ต้องการ ทั้งยังจะสามารถยืดอายุการใช้บ่อและพื้นที่เลี้ยงได้อย่างยาวนานต่อไปด้วย โดยสอดคล้องกับผลการศึกษาของเผดิมศักดิ์ และคณะ, 2544; สุภลัคน์ และคณะ, 2544; สมบัติ และคณะ, 2550;ภุชงค์, 2554; Shpigel, *et al.*, 1993; Butterworth, 2009 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

[1]Sal=water salinity (ppt=part per thousand), Temp=water temperature (°C=degree celcius), DO=dissolved oxygen (mg/l=milligram/liter), NO_2^-=nitrite (mg-N/l =milligram nitrogen/liter), NO_3=nitrate (mg-N/l= milligram nitrogen/liter), NH_3=ammonia (mg-N/l= milligram nitrogen/liter), PO_4=Phosphate (mg-P/l=milligram phosphorus/liter), Si=silicate (mg-Si/l=milligram silica/liter, Alk= mg/l as $CaCO_3$)

[2]The 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) ที่มีการเติมน้ำเข้าบ่อพักและบำบัดน้ำในช่วงน้ำขึ้นที่น้ำภายนอกมีคุณภาพเหมาะสม โดยมีการส่งถ่ายและหมุนเวียนน้ำภายในฟาร์มเป็นระยะๆ ทั้งเพื่อควบคุมระดับน้ำและควบคุมคุณภาพน้ำในส่วนต่างๆ ของระบบ อยู่เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้คุณภาพน้ำโดยรวมในระบบค่อนข้างนิ่งและมีความเหมาะสมต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยงอยู่ในแต่ละส่วนของระบบอยู่ตลอดเวลา อันจะเป็นผลที่ดีกว่าอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงเดี่ยวโดยทั่วไป อีกทั้ง ในการจัดการเลี้ยงฯ ที่มุ่งเน้นในการบำบัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำนำกลับมาใช้ใหม่เป็นสำคัญ โดยมีการทิ้งน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกน้อยมากเท่าที่จำเป็น จึงมีส่วนช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงได้มาก นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันเชื้อโรคจากภายนอกที่จะเข้าสู่ฟาร์ม ทำให้สามารถยืดระยะการเลี้ยงได้ยาวนานตามที่ต้องการ และนำไปสู่ระบบการจัดการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบเบ็ดเสร็จและยั่งยืนในอนาคตต่อไป

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการในระบบฟาร์มต้นแบบที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น ในพื้นที่ประมาณ 8 ไร่ เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า สัตว์น้ำและพืชพันธุ์ต่างๆ ที่คัดเลือกนำลงปลูก/เลี้ยงในแต่ละส่วนของระบบ มีพัฒนาการและการเจริญเติบโตได้ดีตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ทั้งยังสามารถให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ ในบ่อเลี้ยงที่ 1 ซึ่งปล่อยเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนา จำนวน 110,000 ตัว มีผลผลิตสูงถึง 1,504.5 กิโลกรัม ขนาดเฉลี่ย 58.23 ตัว/กิโลกรัม ในบ่อเลี้ยงที่ 2 ซึ่งเลี้ยงแบบผสมผสาน โดยปล่อยเลี้ยงปลาทับทิมและปลากะพงขาว อย่างละ 1,000 ตัว ในกระชังภายในบ่อ พบว่า ปลาทับทิมเจริญเติบโตดีมาก มีขนาดเฉลี่ย 0.68 กิโลกรัม/ตัว และให้ผลผลิตได้ถึง 535.0 กิโลกรัม แม้ว่าปลากะพงขาวจะเจริญเติบโตไม่ดีนักแต่ก็ยังให้ผลผลิตได้ถึง 270.5 กิโลกรัม รวมทั้งยังมีผลผลิตจากกุลาดำ 25,000 ตัว ที่ปล่อยเลี้ยงให้เก็บกินอาหารธรรมชาติภายในบ่อและอาหารเหลือจากปลา จำนวน 57.4 กิโลกรัม นอกจากนี้ ระบบเลี้ยงฯ ยังมีผลผลิตเสริมจากหอยแมลงภู่ที่นำมาทดลองผูกเลี้ยงภายในบ่อ รวมไปถึงปลากะพงขาว ปลานิล กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ ที่ปล่อยเลี้ยงบางๆ ในบ่อพักและบำบัดน้ำอีกทางหนึ่งด้วย สำหรับพันธุ์ไม้ที่คัดเลือกมาปลูกเลี้ยงในระบบฯ พบว่า ต้นลำพูเจริญเติบโตได้ดีที่สุด สำหรับต้นโกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว และฝาด รวมไปถึงพืชพันธุ์อื่นๆ ทั้งผักเบี้ย ผักบุ้ง และหญ้า ก็เจริญเติบโตได้ดีในลำดับรองลงมาและมีส่วนส่งเสริมและสนับสนุนซึ่งกันและกันในระบบฯ ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีสาหร่ายไส้ไก่ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและสามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่สัตว์น้ำที่เลี้ยงในระบบฯ ได้อีกทางหนึ่งด้วย ทั้งนี้ ด้วยความเหมาะสมและสมดุลของพืชและสัตว์น้ำที่เลี้ยงจนเกิดเป็นระบบนิเวศย่อยๆ ขึ้นในระบบฟาร์มทดลอง ทำให้ในช่วงท้ายของการเลี้ยงจึงมีลูกพันธุ์ปลานิลและหอยกะพงพันธุ์พื้นเมืองเกิดขึ้นโดยเฉพาะภายในบ่อพักและบำบัดน้ำ ซึ่งนอกจากจะเป็นผลผลิตเสริมที่ดีแก่ระบบฟาร์ม ยังแสดงถึงความ

สมบูรณ์ของระบบการเลี้ยงที่ได้พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ ทั้งยังจะเป็นปัจจัยต่อยอดที่สำคัญอันจะนำไปสู่การพัฒนาระบบฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการที่สามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืนในอนาคตต่อไป

ในที่นี้จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า ระบบการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงพืชและสัตว์น้ำผสมผสานแบบบูรณาการ เป็นระบบการผลิตสัตว์น้ำแบบเบ็ดเสร็จที่มีการจัดการไม่ยุ่งยาก และเป็นไปตามตามหลักวิชาการอย่างเหมาะสม โดยสามารถให้ผลผลิตที่หลากหลายจากทุกส่วนของระบบ อีกทั้งยังเป็นระบบการผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จึงควรสนับสนุนให้เกษตรกรรายย่อยนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพอย่างเหมาะสมและยั่งยืนต่อไป

คำขอบคุณ

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

เอกสารอ้างอิง

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

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2560. นากุ้งผสม..ผสานสวน น้อมนำปรัชญาพอเพียง. https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/176/8003. เผยแพร่: 2016-06-27.

ชนกันต์ จิตมนัส. 2559. นวัตกรรมเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วารสารเกษตรพระวรุณ ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2559.

ทยากร สุวรรณรัตน์. 2552. การพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิดความหนาแน่นสูงโดยผสมผสานตัวกรองชีวภาพไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 123 น.

เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ และสมภพ รุ่งสุภา. 2544. ระบบการผลิตพืชและสัตว์น้ำสำหรับอนาคต: การเพาะเลี้ยงทางน้ำแบบบูรณาการ. คู่มือธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์สำหรับสัตว์น้ำ และอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่งออก. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. น. 8-10.

ภุชงค์ ศรีอ่วม. 2554. ระบบบูรณาการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ของปลา จุลสาหร่าย แพลงก์ตอนสัตว์ และพืชน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. แนวปฏิบัติในการใช้มาตรฐานสินค้าเกษตรการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี สำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์น้ำจืด. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 63 น.

สุภลัคน์ ถิรวณิชย์, สมภพ รุ่งสุภา และเผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์. 2544. การทดลองระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดเบื้องต้นเพื่อการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ ปลากะพงขาว และสาหร่ายทะเลแบบบูรณาการ. ใน การประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เรื่อง การจัดการและการใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการ. วันที่ 6-8 ธันวาคม 2544. ณ โรงแรม โลตัส ป่างสวนแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่. 11 น.

สมบัติ อินทร์คง, ชลธยา ทรงรูป, พอจำ อรัณยกานนท์, สุรพล ชุณหบัณฑิต, สมภพ รุ่งสุภา, อิทธิพร ตัณฑุลวณิชย์, จีราวัฒน์ จิตรีเชาว์ และเผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์. 2550. การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจผสมผสานแบบบูรณาการในระบบบ่อเลี้ยง. บทความวิชาการ. ในหนังสือครบรอบ 16 ปี แห่งการสถาปนาสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ. เอสทีซีมีเดีย & มาเก็ตติ้ง จำกัด. กรุงเทพ. น. 87-93

APHA, AWWA and WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed. United Book Press, Maryland.

Butterworth, A. 2009. Integrated Multi-Trophic Aquaculture Systems Incorporating Abalone and Seaweeds. Report for Nuffield Australia. Australia. 39 p.

Gooley, G. J. and Gavine, F. M. 2003. Integrated Agri-Aquaculture Systems: A Resource Handbook for Australian Industry Development. Rural Industries Research and Development Corporation. Australia.183 p.

NACA/FAO. 2000. Aquaculture Development Beyond 2000: The Bangkok Declaration and Strategy: Conference on Aquaculture in the Third Millenium. 20-25 February 2000. Bangkok Thailand.

Neori, A., Shpigel, M. and Ben-Ezra, D. 2009. A Sustainable Integrated System for Culture of Fish, Seaweed and Abalone. Aquaculture. 186: 279-291.

Shpigel, M., Neori, A., Popper, D.M., and Gordin, H. 1993. A Proposed Model for Environmental Clean" Land-Base Culture of Fish, Bivalves and Seaweed. Aquaculture. 117: 115-128.

Troell, M., Halling, C., Nillsson, A., Buschmann, A.H., Kautsky, N., and Kautsky, L. 1997. Integrated Marine Cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and Salmon Cages for Reduced Environmental Impact and Increase Economic Output. Aquaculture. 156: 45-61.

Zhou, Q., Li, K., Jun, X., and Bo, L. 2009. Role and Functions of Beneficial Microorganisms in Sustainable Aquaculture. Bioresource Technology. 100: 3780-3786.

Received 9 July 2019

Accepted 20 October 2020