

ผลของการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ (Aqua IOT) ต่อประสิทธิภาพการผลิตและผลกำไรในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Effect of automatic water quality meter (Aqua IOT) on the productivity and profitability of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming

ปริเยศ ผลวงษ์¹, ทิรวัดน์ รายรัตน์¹, อุไรรัตน์ เนตรหาญ², อรุณทัย คีตะนนท์¹, พุทธสชา พันธสวัสดิ์¹ และ นิตี ชูเชิด^{1*}

Pariyes Pholwong¹, Tirawat Rairat¹, Urairathr Nedtharnn², Arunothai Keetanon¹, Putsucha Phansawat¹ and Niti Chuchird^{1*}

¹ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

² ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² Department of Fishery Management, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

บทคัดย่อ: เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ (Aqua IOT) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถบันทึกและรายงานค่าพารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ และความเป็นกรดเป็นด่าง ได้อย่างเป็นปัจจุบันผ่านทางโทรศัพท์มือถือทำให้เกษตรกรสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ทันทีเมื่อค่าคุณภาพน้ำเบี่ยงเบนจากค่าที่เหมาะสม งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้เครื่อง Aqua IOT ต่อผลผลิต ต้นทุน ผลตอบแทนและกำไรของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระดับฟาร์ม โดยแบ่งบ่อเลี้ยงกุ้งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่ใช้เครื่อง Aqua IOT) และกลุ่มทดลอง (ใช้เครื่อง Aqua IOT) กลุ่มละ 3 บ่อ ทั้งสองกลุ่มอยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกัน (จังหวัดจันทบุรี) ปลอยกุ้งในอัตราความหนาแน่นเท่ากัน (100,000 ตัว/ไร่) เลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลาใกล้เคียงกัน (ประมาณ 3 เดือน) ผลการศึกษาพบว่าทั้งสองกลุ่มมีต้นทุนการผลิตที่ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ใช้เครื่อง Aqua IOT ได้กุ้งที่มีขนาดเฉลี่ย 19.88 ± 0.59 ก. ผลผลิตรวม $1,368 \pm 52$ กก./ไร่ ผลตอบแทน $266,578 \pm 5,098$ บาท/ไร่ และกำไร $92,747 \pm 4,703$ บาท/ไร่ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งได้กุ้งขนาดเฉลี่ย 13.25 ± 2.28 ก. ผลผลิตรวม $1,299 \pm 87$ กก./ไร่ ผลตอบแทน $192,753 \pm 11,598$ บาท/ไร่ และกำไร $20,414 \pm 3,516$ บาท/ไร่ การศึกษานี้จึงแสดงให้เห็นว่าการใช้เครื่อง Aqua IOT มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและกำไรของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระดับฟาร์มได้

คำสำคัญ: เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ; อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง; กุ้งขาวแวนนาไม; การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ABSTRACT: An automatic water quality meter (Aqua IOT) is a device that can record and report water quality parameters, namely dissolved oxygen, temperature, and pH in a real-time manner via mobile phone. This allows farmers to immediately solve the problem in the aquaculture pond when the water quality parameter deviates from the optimal value. The present study aimed to evaluate the efficiency of Aqua IOT application on the production yield, total cost, revenue, and profit of Pacific white shrimp farming. The shrimp aquaculture ponds were divided into 2 groups: control (without Aqua IOT) and treatment (with Aqua IOT), each in triplicate. Both groups were located in the same area (Chanthaburi province), stocked at the same density (100,000 PL/rai), and cultured for a similar period (approximately 3 months). The results revealed no significant difference in the total costs. However, the Aqua IOT group obtained shrimp with an average size of 19.88 ± 0.59 g, total production yield $1,368 \pm 52$ kg/rai, revenue $266,578 \pm 5,098$ baht/rai, and profit $92,747 \pm 4,703$ baht/rai, significantly ($p < 0.05$) higher than the control group in which its average shrimp size was 13.25 ± 2.28 g, total production yield $1,299 \pm 87$ kg/rai, revenue $192,753 \pm 11,598$ baht/rai, and profit $20,414 \pm 3,516$ baht/rai. This study demonstrated that the use of Aqua IOT can effectively increase the productivity and profitability of Pacific white shrimp farming.

Key words: Aqua IOT; Internet of Things; Pacific white shrimp; aquaculture

คำนำ

ตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของประเทศไทยประสบปัญหาการระบาดของโรคติดเชื้อแบคทีเรียทั้งโรคซีขาว และโรคตายด่วน จนส่งผลให้ผลผลิตกุ้งของประเทศไทยลดลงมากจากในปี พ.ศ. 2554 ที่ประเทศไทยสามารถผลิตกุ้งขาวแวนนาไมได้ในปริมาณสูงถึง 603,227 ตัน เหลือเพียง 370,757 ตัน ในปี พ.ศ. 2564 (กรมประมง, 2565) ซึ่งหากนำตัวเลขผลผลิตของปี พ.ศ. 2554 ไปคำนวณปริมาณอาหารกุ้งที่ถูกใช้ไปในระหว่างการเลี้ยงพบว่าต้องใช้ปริมาณอาหารกุ้งสูงถึงประมาณ 840,000 ตัน (ประมาณจากการคำนวณโดยใช้ค่าอัตราแลกเปลี่ยนของเนื้อเนื้อของการเลี้ยงที่ 1.4) ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและปริมาณสารอินทรีย์ที่ปล่อยออกมาจากระบบการผลิตดังกล่าวส่งผลทำให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมในแหล่งเลี้ยงกุ้งเสื่อมโทรม และเกิดปัญหาการระบาดของโรคซีขาวซึ่งมีสาเหตุมาจากการเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Vibrio* spp.) อย่างรุนแรงในพื้นที่การเลี้ยงกุ้งทั่วประเทศ ในปี พ.ศ. 2553-2554 (นิติ และคณะ, 2555) จนเป็นสาเหตุเริ่มต้นของปัญหาการระบาดของแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* สายพันธุ์ที่ก่อโรครุนแรงตายด่วน (Early Mortality Syndrome; EMS) (Tran et al., 2013) ในทุกพื้นที่การเลี้ยงกุ้งในปัจจุบัน ประกอบกับปัญหาคความนิยมเลี้ยงกุ้งสายพันธุ์ที่โตเร็วแต่มีความอ่อนแอของผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ ส่งผลให้การระบาดของโรคติดเชื้อแบคทีเรียในประเทศไทยทวีความรุนแรงอย่างต่อเนื่อง เพราะกุ้งสายพันธุ์ที่โตเร็วจะลอกคราบบ่อยจึงมีความอ่อนแอ ถ้าสภาวะแวดล้อมในบ่อเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็อาจจะตายในระหว่างการลอกคราบ ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งสายพันธุ์ที่โตเร็วท่ามกลางสภาวะแวดล้อมที่มีเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ที่ก่อโรครุนแรงทำได้ยากมาก ผู้เลี้ยงจำเป็นต้องหาแนวทางการเลี้ยงที่สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์รวมถึงปริมาณของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในบ่อเลี้ยงให้ได้มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเลี้ยงและต้องสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยเฉพาะค่าคุณภาพน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าความเป็นด่างของน้ำ รวมถึงปริมาณแพลงก์ตอนให้อยู่ในปริมาณหรือช่วงที่เหมาะสมและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (Boyd and Tucker, 1998)

จากปัญหาดังกล่าวศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.) ได้วิจัยพัฒนา ระบบติดตามแจ้งสภาพบ่อเลี้ยงด้วยเทคโนโลยี IOT หรือ Aqua IOT (สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร, 2564) ซึ่งเป็นการเฝ้าระวังแบบเป็นปัจจุบัน (real time) โดยสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำคือค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และอุณหภูมิได้ โดยข้อมูลจะส่งผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อเก็บข้อมูลบน cloud และแสดงผล (dashboard) ผ่านหน้าจอมือถือของผู้เพาะเลี้ยงทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งสามารถมองเห็นข้อมูลในปัจจุบันและตัดสินใจดำเนินการเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำต่างๆในบ่อเลี้ยงได้อย่างเหมาะสม และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดความเสียหายจากโรคติดเชื้อแบคทีเรียในฟาร์มเลี้ยงกุ้งได้ในระดับหนึ่ง

ทั้งนี้มียารายงานว่าการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติสามารถช่วยลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในฟาร์มกุ้งได้เมื่อเทียบกับการเลี้ยงกุ้งในระบบปกติเนื่องจากเครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติสามารถรายงานผลได้อย่างเป็นปัจจุบันและทำให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจปิดเครื่องตีน้ำในขณะที่ไม่มีความจำเป็นได้ (นิฐิตา และ วีระศักดิ์, 2562; สวทช, 2564) อย่างไรก็ตามนอกจากประสิทธิภาพในการช่วยลดค่าไฟฟ้าลงแล้ว ประโยชน์ในแง่อื่นๆของการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ เช่น การเพิ่มผลผลิตและกำไร ยังคงไม่ได้รับการศึกษาเท่าที่ควร สำหรับการศึกษารุ่นนี้คณะผู้วิจัย ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการเลี้ยง ต้นทุนและกำไรจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรจำนวน 2 ฟาร์มซึ่งอยู่ในพื้นที่เดียวกัน ในจังหวัดจันทบุรี ใช้ลูกกุ้งจากแหล่งเดียวกัน เลี้ยงกุ้งในระยะเวลาเดียวกัน โดยฟาร์มแรกเกษตรกรจะดำเนินการเลี้ยงแบบดั้งเดิมโดยมีการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำเป็นระยะ ในขณะที่ฟาร์มที่สองจะมีการติดตั้งเครื่อง Aqua IOT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำต่าง ๆ ภายในฟาร์มแล้วเกษตรกรมีการดำเนินการจัดการเพื่อควบคุมค่าคุณภาพน้ำดังกล่าวให้เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง โดยผลการศึกษารุ่นนี้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้แก่เกษตรกรทั่วไปพิจารณาในการนำเครื่อง Aqua IOT มาประยุกต์ใช้เพื่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ประสบความสำเร็จต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ทำการศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของเกษตรกรจำนวน 2 ฟาร์มในจังหวัดจันทบุรี โดยฟาร์มแรก (กลุ่มควบคุม) จะเลี้ยงแบบดั้งเดิม ไม่มีการติดตั้งเครื่องวัดเครื่องคุณภาพน้ำอัตโนมัติ Aqua IOT จำนวน 3 บ่อ กับฟาร์มที่สอง (กลุ่มทดลอง) ทำการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ Aqua IOT จำนวน 3 บ่อ โดย Aqua IOT 1 เครื่องจะใช้กับบ่อเลี้ยงจำนวน 1-2 บ่อ กล่าวคือใช้เครื่อง Aqua IOT ทั้งหมด 2 เครื่องต่อบ่อเลี้ยงทั้งหมด 3 บ่อ โดยที่การวางระบบดังกล่าวไม่มีผลต่อการจัดการเนื่องจากเครื่อง Aqua IOT 1 เครื่องถูกพัฒนามาให้สามารถใช้ได้กับบ่อเลี้ยงจำนวนมากกว่า 1 บ่อ ทั้งสองฟาร์มใช้ลูกกุ้งจากโรงเพาะฟักเดียวกัน มีอัตราการปล่อยลูกกุ้งลงเลี้ยงเท่ากันคือ 100,000 ตัว/ไร่ และทำการเลี้ยงในช่วงเวลาเดียวกัน

การเตรียมบ่อ

หลังจากจับกุ้งจากการเลี้ยงในรอบที่ผ่านมาแล้วทำการฉีดเลนเพื่อนำเลนออกจากหลังจากเลี้ยงกุ้งเสร็จและตากบ่อ 7-10 วัน ฆ่าเชื้อด้วยปูนร้อนพื้นบ่อประมาณ 200 กก./ไร่ การเตรียมน้ำทำได้โดยสูบน้ำธรรมชาติจากทะเลเข้าสู่บ่อตกตะกอน จากนั้นสูบน้ำผ่านถุงกรอง เข้าบ่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ ใส่สารฆ่าพาหะ (ไตรคลอโรฟอน) ในอัตรา 1 ล./3 ไร่ และคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) ในอัตรา 10 กก./ไร่ ให้อากาศ 6-7 วัน จากนั้นสูบน้ำเข้าบ่อเลี้ยงโดยผ่านถุงกรองตาถี่ ฆ่าเชื้อเพิ่มด้วยต่างทับทิม (KMnO_4) 10 กก./ไร่ จากนั้นปิดเครื่องให้อากาศทิ้งไว้ 24 ชม. เปิดเครื่องให้อากาศปรับสภาพน้ำให้ได้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสม โดยการใช้ปูนร้อน (CaO) 25 กก./ไร่

การปล่อยกุ้งและการจัดการในบ่อเลี้ยง

ปล่อยกุ้งในอัตราความหนาแน่น 100,000 ตัว/ไร่ ใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 12 (PL12) จากฟาร์มเอกชนที่ผ่านการตรวจโดยเทคนิคพีซีอาร์ (Polymerase Chain Reaction; PCR) ว่าปลอดเชื้อไวรัสดวงขาว (White Spot Syndrome Virus; WSSV) ไวรัสหัวเหลือง (Yellow Head Virus; YHV) ไวรัสทอรา (Taura Syndrome Virus; TSV) และแบคทีเรียชนิด *V. parahaemolyticus* สายพันธุ์ที่ก่อโรคอีเอ็มเอส การปล่อยลูกกุ้งใช้วิธีการปล่อยในบ่อโดยตรง ให้อาหารสำเร็จรูปตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ปรับอาหารด้วยวิธีการช้อนตามน้ำหนักตัวของกุ้ง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ส่วนการจัดการคุณภาพน้ำจะควบคุมค่าคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตาม ชลอ และ พรเลิศ (2547) ตลอดการเลี้ยงจะมีการดูแลกลางบ่อเพื่อกำจัดของเสียและมีการเติมน้ำจากบ่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ เข้ามาทดแทนจากการดูแลนอก

การศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง

สำหรับบ่อควบคุมจะมีการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อเลี้ยงทุก 7 วัน โดยนำมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำดังนี้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen) และอุณหภูมิ (temperature) ตรวจวัดโดยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ (YSI DO 200-4M) ค่าความเค็ม (salinity) ตรวจวัดโดย salinometer ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นด่าง (alkalinity) แอมโมเนียรวม (total ammonia) และไนไตรท์ (nitrite) ตรวจวัดโดยชุดทดสอบคุณภาพน้ำ (Aquacare 2000.2PARA TEST, Para Sona, Thailand) เมื่อมีค่าคุณภาพน้ำตัวใดตัวหนึ่งสูงกว่าค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเกษตรกรจะดำเนินการแก้ปัญหาทันที

สำหรับบ่อทดลองจะมีการบันทึกค่าคุณภาพน้ำทั้งหมด 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ อุณหภูมิ และความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้เครื่อง Aqua IOT ซึ่งจะมีการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำตลอดเวลาแล้วบันทึกค่าไว้โดยอัตโนมัติ ส่วนค่าคุณภาพน้ำอื่นๆนอกจากนี้จะถูกตรวจวัดด้วยวิธีเดียวกันกับกลุ่มควบคุมและเก็บข้อมูลทุก 7 วันเช่นกัน เมื่อมีค่าคุณภาพน้ำตัวใดตัวหนึ่งสูงกว่าค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเกษตรกรจะดำเนินการแก้ปัญหาทันที

การจับกุ้ง

ทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลอง จะทำการจับกุ้งเมื่อกุ้งเจริญเติบโตจนได้ขนาดที่เหมาะสมแล้วจึงใช้จอบลากจับกุ้งทั้งหมดโดยที่ไม่มีการแบ่งจับระหว่างการเลี้ยง

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ผลตอบแทนและกำไร

วิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบต้นทุนผลตอบแทนและกำไรของบ่อควบคุมที่ไม่ใช้เครื่องกับบ่อทดลองที่ใช้เครื่อง Aqua IOT ดังนี้

ต้นทุนการผลิต (total cost) = ค่าลูกพันธุ์กุ้ง + ค่าอาหาร + ค่าเคมีภัณฑ์ + ค่าแรงงาน + ค่าไฟฟ้า + ค่าซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายอื่น + ค่าปรับปรุงบ่อ

ผลตอบแทน (revenue) = ปริมาณผลผลิตกุ้ง (total production) × ราคากุ้งที่ขายได้ (total shrimp price)

กำไร (profit) = ผลตอบแทน (revenue) – ต้นทุนการผลิต (total cost)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำค่าปริมาณผลผลิต ต้นทุนผลตอบแทนและกำไรมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี independent t-test ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics version 27 software (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) กำหนดให้ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองแสดงไว้ใน Table 1 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าพิสัยในช่วง 3.9-7.7 และ 4.2-12.8 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชโล และ พรเลิศ, 2547) อุณหภูมิในบ่อควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าพิสัยในช่วง 24.1-30.9 และ 23.7-33.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแรกของการเลี้ยงมีฝนตกหนักจึงส่งผลทำให้ค่าอุณหภูมิของทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองมีค่าต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงซึ่งควรอยู่ระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2550) จากสภาวะฝนตกหนักดังกล่าวจึงส่งผลให้ความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งในช่วงแรกมีค่าต่ำด้วยโดยค่าพิสัยของความเค็มในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าในช่วง 3-9 และ 4-10 ส่วนในพื้นส่วนตามลำดับ สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าพิสัยในช่วง 7.6-8.3 และ 7.5-8.9 ตามลำดับ โดยพบว่าในช่วงท้ายๆของการเลี้ยงจะมีสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้แพลงก์ตอนในบ่อเพิ่มจำนวนมากขึ้นและมีการสังเคราะห์แสงมากขึ้นจนทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในบ่อเลี้ยงบางบ่อเพิ่มสูงขึ้นมากจนถึง 8.9 ในช่วงบ่าย (ชโล และ พรเลิศ, 2547) ในขณะที่ค่าความเป็นด่างในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าพิสัยในช่วง 8.5-18.7 และ 8.5-18.0 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งค่าความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่มากกว่า 100 มก./ล. (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2550) แต่เนื่องจากในช่วงแรกของการเลี้ยงเกิดฝนตกหนักจึงส่งผลให้ค่าความเป็นด่างช่วงแรกของทั้งสองกลุ่มมีค่าต่ำกว่า 100 มก./ล. ถึงแม้ว่าในภาพรวมค่าคุณภาพน้ำของทั้งสองกลุ่มทดลองจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงสอดคล้องกับรายงานของ ชโล และ พรเลิศ (2547) แต่ข้อแตกต่างสำคัญของระบบการเลี้ยงทั้งสองกลุ่มนี้คือ กลุ่มทดลองที่มีการใช้เครื่อง Aqua IOT จะมีการรายงานผลคุณภาพน้ำมายังแอปพลิเคชันในมือถือของเกษตรกรตลอดเวลาทำให้เมื่อมีค่าคุณภาพน้ำบางตัวที่มีค่าเริ่มสูงกว่าปกติ เกษตรกรจึงสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาได้ทันที เช่น หากค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่า 4.5 มก./ล. เกษตรกรจะเปิดเครื่องตีน้ำให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้อยู่ในระดับเหมาะสมอย่างสม่ำเสมอ หรือหากค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงเกินเกณฑ์ที่กำหนด (7-9 มก./ล.) เกษตรกรจะปิดเครื่องตีน้ำเพื่อลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ทั้งนี้โดยทั่วไปการเปิด/ปิดเครื่องตีน้ำในบ่อที่ใช้ Aqua IOT จะดำเนินการวันละ 4-5 ครั้ง ในขณะที่กลุ่มควบคุมจะเปิด/ปิดเครื่องตีน้ำเพียงวันละ 1-2 ครั้งเท่านั้น

Table 1 The water quality parameters of the control ponds (traditional system) and treatment ponds (Aqua IOT) throughout the study period

Water parameter	Control ponds (traditional system)	Treatment ponds (Aqua IOT)
Dissolved oxygen (mg/L)	3.9-7.7	4.2-12.8
Temperature (°C)	24.1-30.9	23.7-33.7
Salinity (ppt)	3-9	4-10
pH	7.6-8.3	7.2-8.9
Alkalinity (mg/Las CaCO ₃)	85-187	85-180
Total ammonia (mg/L)	0-1	0-0.25
Nitrite (mg/L)	0-1	0-0.5

ค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนของบ่อควบคุมที่ไม่ใช้เครื่อง Aqua IOT กับบ่อทดลองที่ใช้เครื่อง Aqua IOT แสดงไว้ใน **Table 2** จากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนัก อัตรารอด และอัตราแลกเนื้อพบว่ากุ้งขาวแวนนาไมในบ่อควบคุมที่ไม่ใช้เครื่อง Aqua IOT จับกุ้งที่อายุ 99-106 วัน ได้น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 13.25 ± 2.28 ก. อัตรารอดเฉลี่ยเท่ากับ $66.73 \pm 13.83\%$ อัตราการแลกเนื้อเฉลี่ย 1.12 ± 0.35 ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ $1,299 \pm 87$ กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายบ่อพบว่าบ่อควบคุมที่ 1 จับกุ้ง 99 วัน ขนาด 82 ตัว/กก. อัตรารอด 75.6% อัตราแลกเนื้อ 0.77 และผลผลิตเท่ากับ 1,384.52 กก./ไร่ บ่อควบคุมที่ 2 จับกุ้ง 103 วัน ขนาด 63 ตัว/กก. อัตรารอด 50.8% อัตราแลกเนื้อ 1.47 และผลผลิตเท่ากับ 1,210.5 กก./ไร่ บ่อควบคุมที่ 3 จับกุ้ง 106 วัน ขนาด 85 ตัว/กก. อัตรารอด 73.8% อัตราแลกเนื้อ 1.13 และผลผลิตเท่ากับ 1,302.75 กก./ไร่ ผลการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อทดลองที่ใช้เครื่อง Aqua IOT จับกุ้งที่อายุ 82-108 วัน น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 19.88 ± 0.59 ก. อัตรารอดเฉลี่ยเท่ากับ $76.77 \pm 13.99\%$ อัตราการแลกเนื้อเฉลี่ย 1.28 ± 0.07 ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ $1,368 \pm 52$ กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายบ่อพบว่าบ่อทดลองที่ 1 จับกุ้ง 82 วัน ขนาด 49 ตัว/กก. อัตรารอด 64.5% อัตราแลกเนื้อ 1.2 และผลผลิตเท่ากับ 1,316.6 กก./ไร่ บ่อทดลองที่ 2 จับกุ้ง 88 วัน ขนาด 52 ตัว/กก. อัตรารอด 73.8% อัตราแลกเนื้อ 1.29 และผลผลิตเท่ากับ 1,420 กก./ไร่ บ่อทดลองที่ 3 จับกุ้ง 108 วัน ขนาด 50 ตัว/กก. อัตรารอด 92.0% อัตราแลกเนื้อ 1.34 และผลผลิตเท่ากับ 1,366.7 กก./ไร่

เมื่อพิจารณาต้นทุนการเลี้ยงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างทั้ง 2 กลุ่มทดลอง โดยบ่อควบคุมที่ไม่ใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติมีต้นทุนเท่ากับ $172,339 \pm 11,285$ บาท/ไร่ และบ่อทดลองที่ใช้เครื่อง Aqua IOT มีค่าต้นทุนเท่ากับ $173,831 \pm 2,226$ บาท/ไร่ โดยต้นทุนค่าเครื่อง Aqua IOT ที่ใช้สำหรับวัดคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเป็นเงิน 102,000 บาท/3 บ่อ ในขณะที่ผลกำไรจากการเลี้ยงทั้งสองระบบพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยบ่อทดลองได้กำไรสุทธิเท่ากับ $92,747 \pm 4,703$ บาท/ไร่ ซึ่งสูงกว่าบ่อควบคุมซึ่งได้กำไรสุทธิเพียง $20,414 \pm 3,516$ บาท/ไร่ ทั้งนี้เนื่องจากในบ่อทดลองซึ่งมีการใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ เกษตรกรสามารถทราบถึงค่าคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจึงสามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งได้ทันที เช่น หากเกษตรกรพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก็จะสามารถเปิดเครื่องตีน้ำเพิ่มได้ทันที ในทางตรงข้ามเกษตรกรที่ไม่ได้ใช้เครื่อง Aqua IOT จะไม่สามารถทราบค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ณ เวลาปัจจุบันได้ ทำให้การเปิด/ปิดเครื่องตีน้ำอาจไม่สอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในขณะนั้น ผลของการใช้เครื่อง Aqua IOT ทำให้เลี้ยงกุ้งได้ขนาดถึง 19.88 ± 0.59 ก. ใหญ่กว่าบ่อควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.25 ± 2.28 ก. อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จึงสามารถขายได้ราคาสูงกว่าบ่อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ภายในระยะเวลาการเลี้ยงที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้บ่อทดลองยังได้ผลผลิตสูงถึง $1,368 \pm 52$ กก./ไร่ สูงกว่าบ่อควบคุมซึ่งได้ผลผลิต $1,299 \pm 87$ กก./ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับผลจากการศึกษารั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Vinod et al. (2021) ที่ศึกษาผลการพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งด้วยเทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยเครื่องตรวจสอบบ่อเลี้ยง IOT โดยระบบที่สามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำของบ่อเลี้ยงด้วย

การเผาระวังค่าออกซิเจนละลายในน้ำและอุณหภูมิ พบว่าแบ่งเป็นบ่อเลี้ยงดั้งเดิมและบ่อใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติเสี่ยงความหนาแน่น 170,000 ตัว/เอเคอร์ พบบ่อที่ใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติมีต้นทุน 310,800 บาท ผลผลิต 3,242 กก./เอเคอร์และกำไร 823,900 บาท บ่อเลี้ยงแบบดั้งเดิมซึ่งมีต้นทุน 351,000 บาท ผลผลิต 2,618 กก./เอเคอร์และกำไร 565,300 บาท พบว่าในบ่อที่ใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติสามารถลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และเพิ่มกำไรได้ถึง 36% และในการทดลองของ นิภูริตา และ วีรศักดิ์ (2562) โดยทำการทดลองเทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบแม่นยำในฟาร์มเลี้ยงกุ้ง คือการนำระบบที่สามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำของบ่อเลี้ยงด้วยการเผาระวัง ออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และอุณหภูมิ โดยข้อมูลจะส่งผ่านทางอุปกรณ์พกพาได้ทันทีที่มีเหตุการณ์เผาระวัง แบ่งเป็นบ่อควบคุมและบ่อทดลองเพื่อจะถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจในการเปิด/ปิดเครื่องตีน้ำและระบบการให้อาหารอัตโนมัติจากการทดลองพบว่ามีการมีระบบที่สามารถบริหารจัดการฟาร์ม ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตได้จริง และในการศึกษาในงานวิจัยที่มีลักษณะคล้ายคลึงในสัตว์น้ำชนิดอื่น เช่น ปูแม่น้ำ (Zhang et al., 2013) และปลาน้ำจืด (Gao et al., 2019) ในขณะที่การศึกษาการเลี้ยงปูแม่น้ำของ (Zhang et al., 2013) พบว่าระบบ IOT มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมากสำหรับเกษตรกรที่สามารถตรวจสอบออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ แอมโมเนีย ไนโตรท และพารามิเตอร์อื่นๆ ผ่านการตรวจสอบแบบเซ็นเซอร์ประมวลผลข้อมูล และใช้ในการตัดสินใจสถานการณ์คุณภาพน้ำ ดังนั้นเมื่อเทียบกับเกษตรกรที่ไม่ใช่และใช้สามารถประหยัดต้นทุน 176,862 หยวน/เฮกเตอร์ ซึ่งลดลง 10.54% ผลผลิตปูแม่น้ำเพิ่มขึ้น 88.72 กก./เฮกเตอร์ ขนาดปูเพิ่มขึ้น 13.73 ก./ตัว และรายได้เพิ่มขึ้น 15.51% ในการศึกษาติดตามการเลี้ยงปลาอัจฉริยะที่ใช้ IOT ช่วยให้การจัดการคุณภาพน้ำได้ทั้งออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และระดับน้ำแบบ real time ช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสามารถควบคุมกระบวนการเลี้ยงและดูข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจ โดยจะทำการทดลองเลี้ยงปลาคาร์พและปลาเรนโบว์เทราต์ในพื้นที่ 2 เอเคอร์ แบ่งออกเป็นสี่บ่อ พบว่าทำให้ปลาเจริญเติบโตและสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้ (Gao et al., 2019)

Table 2 The production yield, cost, revenue, and profit of Pacific white shrimp cultured in different systems

Parameter	Control ponds (traditional system)	Treatment ponds (Aqua IOT)
Stocking density (PL/rai)	100,000	100,000
Culture period (days)	103±4 ^a	93±14 ^a
Average weight (g)	13.25±2.28 ^a	19.88±0.59 ^b
Survival rate (%)	66.73±13.83 ^a	76.77±13.99 ^a
Feed conversion ratio	1.12±0.35 ^a	1.28±0.07 ^a
Total production yield (kg/rai)	1,299±87 ^a	1,368±52 ^b
Total cost (bath/rai)	172,339±11,285 ^a	173,831±2,226 ^a
Revenue (bath/rai)	192,753±11,598 ^a	266,578±5,098 ^b
Total shrimp price (bath/kg)	148±19 ^a	195±4 ^b
Profit (bath/rai)	20,414±3,516 ^a	92,747±4,703 ^b

Values in the same row followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$)

สรุป

ฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ไม่ใช่และใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ (Aqua IOT) ซึ่งเป็นการเผาระวังแบบ real time โดยสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง และอุณหภูมิได้ตลอดเวลา ทำให้เกษตรกรสามารถดำเนินการแก้ไขปรับปรุงค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งได้ทันทีจึงส่งผลให้เลี้ยงกุ้งได้ขนาดใหญ่ได้ผลผลิตสูงและได้กำไรสุทธิสูงกว่าบ่อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ (Aqua IOT) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเฝ้าระวังและติดตามค่าคุณภาพน้ำที่สำคัญในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ การใช้ประโยชน์สูงสุดจากเครื่องมือนี้เกษตรกรจะต้องเอาใจใส่และต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการบริหารจัดการค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วย จากการศึกษาครั้งนี้พบปัญหาจากการใช้เครื่อง Aqua IOT ในบางช่วงโดยปัญหาเกิดจากการทำงานผิดพลาดของหัวเครื่องวัดทำให้ได้ค่าที่ผิดปกติ ซึ่งเป็นส่วนที่ผู้พัฒนาเครื่องต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป อย่างไรก็ตามความผิดพลาดดังกล่าวพบได้ไม่บ่อยและคณะผู้วิจัยสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว จึงไม่มีผลกระทบกับข้อสรุปผลการศึกษา

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณจงกลฟาร์มและเจริญดีฟาร์ม จังหวัดจันทบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2565. สถิติผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเลประจำปี 2564. กลุ่มสถิติการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ชลอ ลีมสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกุล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. บริษัทเมจิพับลิเคชัน จำกัด, กรุงเทพฯ.
- นิติ ชูเชิด, เต็มดวง สมศิริ, พุทธรัตน์ เป้าประเสริฐกุล, จิตติพร หลาวประเสริฐ, จันทร์นภา ศักดิ์ศรีพิพัฒน์, วรวิทย์ เทพาหุดี, วชิรยา ภูริวิโรจน์กุล, อธิริยา วุฒิสินธุ์ และเกสินี หลายสุทธิสาร. 2555. ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์: การวิจัยเพื่อพัฒนาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอย่างยั่งยืน. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปี 2555.
- นิฏฐิตา เชิดชู และวีระศักดิ์ ชื่นตา. 2562. การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการฟาร์มกุ้งด้วยการลดใช้ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ และควบคุมการเลี้ยงด้วยเทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำแม่นยำ. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. 9: 85-96.
- สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร. 2564. ระบบติดตามการแจ้งเตือนสภาพบ่อเพาะเลี้ยงทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ โดยเก็บข้อมูลผ่านเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) วิเคราะห์และแสดงผลสภาพบ่อเลี้ยงแบบ real time ผ่านระบบคลาวด์ (cloud). คู่มือระบบติดตามแจ้งเตือนสภาพบ่อเพาะเลี้ยงทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพด้วยเทคโนโลยี IoT (Aqua-IoT) สำหรับสัตว์น้ำเศรษฐกิจไทย. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี.
- สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2550. คำแนะนำการปฏิบัติที่ดีสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแบบพัฒนา. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล กรมประมง. 2542. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำพัฒนาระบบชีวภาพแบบ Code Conduct. สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลกรมประมง. กรุงเทพฯ.
- สวทช. 2564. “Aqua-IoT” เทคโนโลยีเพื่อบริหารจัดการฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำยุคเกษตรดิจิทัล. แหล่งข้อมูล: https://www.nstda.or.th/nac/2021/wp-content/uploads/2021/03/SS51_Supphanit_4.pdf. ค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2565.
- Boyd, C.E., and C.S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

- Gao, G., K. Xiao, and M. Chen. 2019. An intelligent IoT-based control and traceability system to forecast and maintain water quality in freshwater fish farms. *Computer and Electronics in Agriculture*. 166: 105013.
- Vinod, M., M. Raghuraman, and V.M. Chakravarthi. 2021. Experimental investigation of automatic aeration process and condition of aqua ponds monitoring system with the help of internet of things. P.381-390. In: B.B.V.L. Deepak, D.R.K. Parhi, and B.B. Biswal. *Advanced Manufacturing Systems and Innovative Product Design: Select Proceedings of IPDIMS 2020*. Springer, Singapore.
- Tran, L., L. Nunan, R.M. Redman, L.L. Mohny, C.R. Pantoja, K. Fitzsimmons and D.V. Lightner. 2013. Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*. 105: 45–55.
- Zhang, Y., J. Hua, and Y.B. Wang. 2013. Application effect of aquaculture IOT system. *Applied Mechanics and Materials* 303-306: 1395-1401.