

ประสิทธิภาพของการใช้ไบโอฟล็อกต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยแบบหนาแน่นในโรงเรือน

Efficiency of biofloc application on growth, survival rate and water quality change in intensive hybrid catfish culture in indoor pond

เจษฎา อิสหาะ¹ ฐานิต กิจจาบัณฑิต¹ สุภาวดี โกยดุลย์^{1*} จันทร์สว่าง งามผ่องใส²
สิริลักษณ์ ประเสริฐกุลศักดิ์³ และ พิษณุ สินโพธิ์⁴

Jesada Is-haak¹, Thanit Kijjabandhit¹, Supavadee Koydon^{1*}, Chansawang Ngamphongsai²,
Sirilak Prasertkulsak³ and Phitsanu Sinpho⁴

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของการใช้ไบโอฟล็อกในการเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยแบบหนาแน่นในโรงเรือนได้เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมไบโอฟล็อกลงในบ่อ บ่อทดลองเป็นบ่อผ้าใบทรงกลมจำนวน 6 บ่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร เติมน้ำลึก 75 เซนติเมตร มีปริมาตรน้ำ 5.30 ลูกบาศก์เมตร โดยปล่อยปลาขนาดน้ำหนักและความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 1.24 ± 0.09 กรัม และ 5.03 ± 0.07 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวน 1500 ตัวต่อบ่อ เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ระยะเวลาการทดลอง 17 สัปดาห์ โดยเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลา และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยตลอดการทดลอง น้ำหนักเพิ่มต่อวันและอัตราการรอดตายของปลา ในชุดการทดลองที่เติมไบโอฟล็อกมีค่าที่สูงกว่าปลาในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 188.90 ± 4.67 กรัม และ 168.40 ± 3.82 กรัม 187.65 ± 4.60 กรัม และ 167.17 ± 3.71 กรัม 1.58 ± 0.06 กรัมต่อวัน และ 1.41 ± 0.04 กรัมต่อวัน และ 95.00 ± 1.73 และ 85.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัมตลอดการทดลองของชุดการทดลองที่เติมไบโอฟล็อกมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.33 ± 0.04 และ 1.50 ± 0.19 และ 33.08 ± 0.12 บาทต่อกิโลกรัม และ 36.38 ± 1.05 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สามารถลดค่าใช้จ่ายของอาหารปลาลง 3.30 บาทต่อปลา 1 กิโลกรัม ตลอดการทดลองค่าคุณภาพน้ำทั้ง 2 ชุดการทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุย การเติมไบโอฟล็อกมีความสัมพันธ์แบบ Pearson's

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

¹ Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology, Suvarnabhumi

² สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย

² National Science and Technology Development Agency, Thailand Science Park

³ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

³ Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology, Suvarnabhumi

⁴ บริษัท วณวิทย์ แมนูแฟคเจอร์ จำกัด ถนนพระรามที่ 2 ซอย 94 แขวงสามคนโก้ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร

⁴ Wanavit Manufacturing Company Limited, Rama 2 Road, Soi 94, Samaedam, Bangkhunthian, Bangkok

* Corresponding author. E-mail: supavadee.k@rmutsb.ac.th

correlation coefficients กับค่าแอมโมเนียในเชิงลบในระดับมาก ($r=-0.89''$) และมีความสัมพันธ์กับค่าออร์โทฟอสเฟตในเชิงบวกในระดับปานกลาง ($r=0.57'$)

คำสำคัญ: แอมโมเนีย ไบโอฟลอค ปลาตุ๊กตาส้ม บ่อเลี้ยงในโรงเรือน คุณภาพน้ำ

Abstract

The efficiency of biofloc application in intensive hybrid catfish culture in indoor ponds, compared to the control group without biofloc adding, was investigated. The experimental units were 6 of 3-meter-diameter PE rounded ponds, with 75 cm depth and 5.30 m³ of water volume. The experimental fish, with initial average weight and length of 1.24±0.09 g and 5.03±0.07 cm, respectively, were stocked at the stocking density of 1500 fish per pond. The experimental feed was commercial floating pellet. The trial was conducted for 17 weeks. The data of growth performance and survival rate of fish were recorded, including the water quality in experimental ponds. At the end of the experiment, it was found that average weight, average weight gain, daily weight gain and survival rate of fish in biofloc treatment, which were 188.90±4.67 and 168.40±3.82 g, 187.65±4.60 and 167.17±3.71 g, 1.58±0.06 and 1.41±0.04 g/day and 95.00±1.73 and 85.00±0.00%, respectively, were significantly higher than those of the control group ($P<0.05$). On the other hand, the FCR and feeding cost of 1 kg of fish, which were 1.33±0.04 and 1.50±0.19, and 33.08±0.12 and 36.38±1.05 Baht per kg, respectively, were significantly lower than those of the control group ($P<0.05$). The feed cost could be reduced by 3.30 baht per 1 kg of fish. Water qualities, throughout the experimental period, were in the optimal range for hybrid catfish growth. Biofloc application data had high negative Pearson's correlation coefficients to the ammonia ($r=-0.89''$) and also moderate positive correlation coefficients to phosphorus ($r=0.57'$).

Keywords: ammonia, biofloc, hybrid catfish, indoor pond, water quality

บทนำ

ปลาดุกบิ๊กอุยเป็นสัตว์น้ำจืดที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ในปี 2563 มีผลผลิตเป็นอันดับสองรองจากปลานิล มีปริมาณ 101,600 ตัน มีมูลค่า 4,484,300,000 บาท (Department of Fisheries, 2020) นิยมเลี้ยงในระบบหนาแน่นพร้อมกับระบบเติมอากาศ (Liu et al., 2019) เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่มากที่สุด แต่ในระบบนี้จะส่งผลให้ปริมาณของเสีย เช่น แอมโมเนียจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและการย่อยสลายของอาหารสัตว์น้ำสูงถึง 60-80 เปอร์เซ็นต์ (Islam, 2005; Salin, & Williot, 1991; Chezian, Senthamilselvan, & Kabilan, 2012)

แอมโมเนียส่งผลให้คุณภาพน้ำแย่ลง และมีผลต่อสัตว์น้ำโดยการทำลายเหงือก เช่น ในปลา common carp (Chezian, Senthamilselvan, & Kabilan, 2012) และปลา silver catfish (Miron et al., 2008) ทำให้เหงือกเสื่อมติดกัน เกิดการตายของเนื้อเยื่อ มีอาการบวม น้ำคอลลอยด์เซลล์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้พิษของแอมโมเนียยังทำลาย hematopoietic tissue ในตับไต และม้าม ทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดงลดลงและเปลี่ยนรูปร่าง และเพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจน (Das, Ayyappan, Jena, & Das, 2004; Barbieri & Bondioli, 2015; Shokr, 2019; Is-haak, Koydon, lampichai, &

Ngamphongsai, 2022) Foss, Imsland, Roth, Schram, & Stefansson (2009) ได้ศึกษาผลของปลา turbot ระยะวัยรุ่นที่สัมผัสกับแอมโมเนียเป็นระยะ แต่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน พบว่า การสัมผัสกับแอมโมเนียที่สูงขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ ก็อาจก่อให้เกิดผลต่อการเจริญเติบโตเหมือนกับที่ปลาที่สัมผัสกับแอมโมเนียเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้แอมโมเนียในบ่อเลี้ยงจะมีผลเสียต่อสัตว์น้ำแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเมื่อปล่อยน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัดอย่างเหมาะสม จะก่อให้เกิดปัญหามลภาวะในแหล่งน้ำธรรมชาติ (Browdy, Bratvold, Stokes, & McIntosh, 2001; Rucksapram, Tungse, & Rachuphimon, 2021)

ในระบบการเลี้ยงปลาด้วยอัตราความหนาแน่นสูง จำเป็นที่ต้องใช้เทคโนโลยีในการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต หนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจคือ การใช้ไบโอฟิล्ट ซึ่งในกลุ่มตะกอนจุลินทรีย์ที่สามารถบำบัดน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาเลย โดยจะเปลี่ยนแอมโมเนียที่มีในน้ำ ให้กลับมาเป็นโปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งช่วยลดแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงและตะกอนจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถเป็นอาหารหรือแหล่งของโปรตีนให้กับสัตว์น้ำได้อีก ในระบบมักจะเติมคาร์โบไฮเดรตลงไป เพื่อเพิ่มอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนให้สูงขึ้น กระตุ้นให้แบคทีเรียกลุ่มนี้ที่เป็นกลุ่มแฮเทอโรโทรฟิก (heterotrophic bacteria) (Browdy, Bratvold, Stokes, & McIntosh, 2001; Liu et al., 2019) เจริญเติบโตได้ดีกว่า และมีประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนียมากกว่าแบคทีเรียที่กลุ่มไนตรifikasi จนถึง 10 เท่า (Goswami, Trudeau,

& Lakra, 2023) ซึ่งอาจจะเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนด้านอาหารให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาได้ การใช้ไบโอฟิล्टก็มีประโยชน์ทั้งช่วยในการบำบัดคุณภาพน้ำ ช่วยบำบัดสารอนินทรีย์ไนโตรเจน กระตุ้นการเจริญเติบโต (Liu et al., 2019) และประหยัดค่าใช้จ่ายด้านอาหารในการเลี้ยงกุ้งและปลานิล ลดปริมาณน้ำที่ใช้และน้ำทิ้ง และน้ำทิ้งจากระบบการเลี้ยงแบบไบโอฟิล्टมีปริมาณธาตุอาหารและเชื้อโรคน้อย เป็นระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Browdy, Bratvold, Stokes, & McIntosh, 2001; Rucksapram, Tungse, & Rachuphimon, 2021)

การใช้เทคโนโลยีไบโอฟิล्टในการเลี้ยงปลากลุ่มปลากินพืช เช่น ปลาทอง ปลานิล ปลาการ์ฟ เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ปลาจะกินตะกอนจุลินทรีย์ลดอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ลดต้นทุนค่าอาหาร (Luo et al., 2014; Ogello, Musa, Aura, Abwao, & Munguti, 2014; Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis, 2015; Liu et al., 2019) แต่การใช้เทคโนโลยีนี้ในการเลี้ยงปลากินเนื้อ เช่น ปลาดุกมีน้อยมาก โดยเฉพาะการลดต้นทุนค่าอาหาร ลดอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของใช้ไบโอฟิล्टต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารของการเลี้ยงปลาดุกบักอูยแบบหนาแน่นในโรงเรือนกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้ไบโอฟิล्ट และศึกษาผลของใช้ไบโอฟิล्टต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตและได้กระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อความยั่งยืนของอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

วิธีการศึกษา

สถิติที่ใช้ในการทดลอง

สถิติที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นแบบ two independent sample t-test ประกอบด้วย 2 ชุดการทดลอง (treatment) คือ ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุมไม่เติมไบโอฟล็อก และชุดการทดลองที่ 2 ชุดทดลองเติมไบโอฟล็อก แต่ละชุดการทดลองมีจำนวน 3 ซ้ำ (replication)

การเตรียมบ่อทดลอง

บ่อผ้าใบทรงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร บ่อลึก 1 เมตร เติมน้ำลึก 0.75 เมตร มีพื้นที่เท่ากับ 7.07 ตารางเมตร มีปริมาตรน้ำ 5.30 ลูกบาศก์เมตร ให้อากาศตลอดเวลาด้วยปั๊มลมผ่านจานจ่ายอากาศ บ่อละจำนวน 2 จานจ่ายอากาศ ($\varnothing$ 20 เซนติเมตร) จำนวน 6 บ่อ

การเตรียมไบโอฟล็อก

การเพาะขยายหัวเชื้อไบโอฟล็อกในถังบรรจุน้ำปริมาตร 1,200 ลิตร โดยใช้กากน้ำตาล 2,400 มิลลิลิตร (2 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร) และใส่รำละเอียด 2,400 กรัม (2 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร) เติมหหัวเชื้อไบโอฟล็อก 120 ลิตร ในบ่อมีระบบให้อากาศด้วยจานจ่าย 1 จาน ปั่นทิ้งไว้ 5 วัน เพื่อให้แบคทีเรียเจริญเติบโตเต็มที่ ก่อนนำไปใช้ใส่ลงในบ่อที่ทดลอง

การเตรียมน้ำและการปล่อยปลา

การเตรียมน้ำสำหรับชุดควบคุมที่ไม่เติมไบโอฟล็อก เติมน้ำประปาลงในบ่อระดับความลึก 75 เซนติเมตร ส่วนชุดการทดลองที่ 2 ที่เติมไบโอฟล็อก จะเติมน้ำประปาลงในบ่อระดับความลึก 65 เซนติเมตร และเติมหหัวเชื้อไบโอฟล็อกลงในบ่อ ปริมาตร 700 ลิตร จากนั้นปล่อย

ลูกปลาดุกบักขุยจำนวน 1,500 ตัวต่อบ่อ (อัตราความหนาแน่น 212.16 ตัวต่อตารางเมตร) ลงในบ่อทดลอง

การเตรียมปลาทดลอง

ลูกปลาดุกบักขุยที่ใช้ในการทดลองเป็นลูกปลาดุกจากฟาร์มสมชายพันธุ์ปลา จังหวัดปทุมธานี มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.24 ± 0.09 กรัม ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 5.03 ± 0.07 เซนติเมตร จำนวน 9,000 ตัว นำลูกปลาดุกมาพักที่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง เป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อให้ลูกปลาปรับตัวเข้ากับสภาพน้ำและสภาพแวดล้อม ก่อนนำมาใช้ในการทดลองจริง โดยจะเลี้ยงในบ่อผ้าใบทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เมตร ความสูง 100 เซนติเมตร เติมน้ำลึก 75 เซนติเมตร ให้อากาศด้วยจานจ่ายอากาศ 4 จานต่อบ่อ อัตราการปล่อย 3,000 ตัวต่อบ่อ (อัตราความหนาแน่น 153 ตัวต่อตารางเมตร) จำนวน 3 บ่อ ให้อาหารที่มีโปรตีน 42 เปอร์เซ็นต์ วันละ 3 ครั้ง เวลา 8.00, 12.00 และ 16.00 นาฬิกา เมื่อครบเจ็ดวัน คัดขนาดปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันนำมาทดลอง จะสุ่มปลาจากแต่ละบ่อขึ้นมา 50 ตัวเพื่อวัดความยาวเฉลี่ยเริ่มต้นด้วยเครื่องวัดความยาวเวอร์เนียดิจิทัล (digital vernier caliper) และชั่งน้ำหนักลูกปลาเฉลี่ยเริ่มต้นด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง

การดำเนินการทดลอง

คัดลูกปลาที่มีขนาดความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกันเพื่อปล่อยลงบ่อทดลอง 1,500 ตัวต่อบ่อ จำนวน 6 บ่อ ให้อาหารปลาทดลองวันละ 3 มื้อ คือ เช้า กลางวัน และเย็น ในอัตรา 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน อาหารที่ใช้ในการทดลอง คืออาหารปลาดุกที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 42 เปอร์เซ็นต์

ตั้งแต่เดือนที่ 3 เป็นต้นไป ปรับเปลี่ยนเป็นอาหารปลา ลูกเล็กที่มีโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการทดลอง ในชุดควบคุมมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกสัปดาห์ ส่วนชุดการทดลองที่เติมไบโอฟลิคคจะไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ แต่จะเติมน้ำเมื่อระดับน้ำในบ่อลดลง ในบ่อของชุดการทดลองที่ 2 จะเติมหัวเชื้อไบโอฟลิคคสัปดาห์ละ 2 ครั้ง (ในวันจันทร์และพฤหัสบดี) มีปริมาตรรวม 350 ลิตรต่อบ่อต่อสัปดาห์

ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละบ่อสัปดาห์ ละครั้งทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง โดยจะเก็บ ตัวอย่างน้ำเวลา 8.00 นาฬิกา คุณภาพน้ำที่วัด ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (pH Testr 30; Eutech) ของแข็งที่ละลายน้ำด้วยเครื่อง TDS meter (TDS; Xiaomi) ปริมาตรของของแข็งที่ จมตัว วัดด้วยกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ด้วยเครื่อง

oxygen meter (YSI model 550; YSI) ส่วนความเป็น ด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย ไนโตรท์ไนเตรท ออร์ โธ-ฟอสเฟต และบีโอดี ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีของ Koydon (2018) นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่า เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเก็บข้อมูลและการคำนวณข้อมูล

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตน้ำหนักและความยาว ของปลาที่ใช้ในบ่อทดลอง โดยเก็บข้อมูลเมื่อเริ่มต้น สัปดาห์ที่ 3 และหลังจากนั้นทุก 2 สัปดาห์ จนถึงสิ้นสุด การทดลอง 17 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างปลามาบ่อละ 50 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เมื่อสิ้นสุดการ ทดลองจะนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณดังสมการ (1-5) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลการเติมไบโอฟลิคค ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของปลาทุกบ่ออยู่ ดังสมการ (6-7)

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ย (average weight; AW, กรัม)} = \frac{\text{ผลรวมของน้ำหนักปลาที่สุ่มมาซึ่งทั้งหมด}}{\text{จำนวนตัวปลาที่สุ่มมาซึ่งทั้งหมด}} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ย (average daily weight gain; DWg, กรัมต่อวัน)} \\ = \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) - น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาทำการทดลอง (วัน)}} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (average weight gain; Wg, กรัมต่อวัน)} \\ = \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม) - น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{ความยาวเฉลี่ย (average length; AL, เซนติเมตร)} = \frac{\text{ผลรวมของความยาวปลาที่สุ่มมาซึ่งทั้งหมด}}{\text{จำนวนตัวปลาที่สุ่มมาซึ่งทั้งหมด}} \quad (4)$$

$$\text{อัตราการรอดตาย (survival rate; SR, เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนลูกปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนลูกปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (ตัว)}} \quad (5)$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio; FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} &\text{ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 กิโลกรัม (feed cost, บาทต่อปลา 1 กิโลกรัม)} \\ &= \text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} \times \text{ราคาอาหารต่อ 1 กิโลกรัม} \end{aligned} \quad (7)$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงของปลาดุกบิ๊กอุย ในระยะเวลา 17 สัปดาห์ ของทั้ง 2 ชุดการทดลองมา วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี two independence sample t-test

หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลคุณภาพน้ำกับการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และต้นทุนการผลิต ค่าอาหาร โดยวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ตามวิธี Pearson product moment correlation coefficient

สถานที่และช่วงระยะเวลาทำการทดลอง

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน พ.ศ. 2565

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จากอาหารของปลาดุกบิ๊กอุยเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลาในชุดการทดลองที่เติมไบโอฟิล็อคมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าชุดการทดลองชุดควบคุมที่ไม่เติม

ไบโอฟิล็อค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 188.90 ± 4.67 กรัม และ 168.40 ± 3.82 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (Wg) ตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 187.65 ± 4.60 กรัม และ 167.17 ± 3.71 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (DWg) มีค่าเท่ากับ 1.58 ± 0.06 กรัมต่อวัน และ 1.41 ± 0.04 กรัมต่อวัน ส่วนอัตราการรอดตายตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 95.00 ± 1.7 และ 85.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ตลอดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 1.33 ± 0.04 และ 1.50 ± 0.19 ตามลำดับ ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัมของปลาดุกบิ๊กอุยมีค่าเท่ากับ 33.08 ± 0.12 บาทต่อกิโลกรัม และ 36.38 ± 1.05 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดัง (Table 1) ส่วนความยาวเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 2 ชุดการทดลอง

ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้ศึกษา ประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ของแข็งที่ละลายน้ำ ของของแข็งที่จมตัว ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเค็ม ความกระด้าง แอมโมเนียรวมทั้งหมด ไนโตรเจนในแอมโมเนียไนโตรเจนในไนเตรต และไนโตรเจนในไนไตรต์ ในแต่ละสัปดาห์ ตลอดระยะเวลาทำการทดลองไปเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพน้ำเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำพบว่า ของแข็งที่ละลายน้ำ แอมโมเนีย

รวมทั้งหมด ไนไตรท์ ไนเตรท ออร์โธฟอสเฟตมีค่าที่สูง คุณภาพน้ำที่เหลือน้อยลดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่
กว่าค่าที่เหมาะสมการเจริญเติบโตของปลา ส่วนดัชนี เหมาะสม ดัง (Table 2)

Table 1 Growth performance, survival rate, feed conversion ratio and feed cost of hybrid catfish in control and biofloc treatments (mean±SD).

	treatments	
	control	biofloc
initial weight (g)	1.23±0.11 ^a	1.26±0.06 ^a
final weight (g)	168.40±3.82 ^b	188.90±4.67 ^a
weight gain (g)	167.17±3.71 ^b	187.65±4.60 ^a
daily weight gain (g/day)	1.41±0.04 ^b	1.58±0.06 ^a
initial length (cm)	5.19±0.06 ^a	5.22±0.08 ^a
final length (cm)	22.16±0.15 ^a	24.70±2.27 ^a
survival rate (percentage)	85.00±0.00 ^b	95.00±1.73 ^a
FCR	1.50±0.19 ^b	1.33±0.04 ^a
feed cost (baht/1 kg fish)	36.38±1.05 ^b	33.08±0.12 ^a

note: the superscript alphabets are compared among the means within the same row. values with the same superscripts are not significantly difference ($P>0.05$).

Table 2 Range of water quality parameters (minimum-maximum) in hybrid catfish ponds in control and biofloc treatments (mean±SD).

parameters	treatments		optimal range	
	control	biofloc	reference ^{1/}	reference ^{2/}
temperature (°C)	28.10±0.85-30.50±0.71	28.50±0.71-31.00±0.00	28-35 °C	25-32 °C
pH	7.80±0.01-8.85±0.07	7.65±0.01-8.60±0.14	6.5-9.0	6.5-8.5
total dissolved solid (mg/L)	147.00±4.24-549.00±59.40	152.50±7.78-611.00±26.04	<500 mg/L	
dissolved oxygen (mg/L)	5.30±1.17-6.95±0.07	5.05±0.89-6.85±0.07	>5 mg/L	>4 mg/L
alkalinity (mg/L)	303.95±19.36-445.50±21.63	363.50±9.15-470.00±19.39	100-200 mg/L	50-200 mg/L
hardness (mg/L)	86.50±6.61-277.00±20.69	90.90±5.12-264.50±21.06	10-400 mg/L	80-200 mg/L
total ammonia nitrogen (TAN, mg/L)	0.28±0.05-0.78±0.07	0.04±0.02-0.25±0.04	<1.0mg/L	
nitrite (mg/L)	0.02±0.00-0.47±0.08	0.03±0.01-0.50±0.04	<0.1 mg/L	
nitrate (mg/L)	0.13±0.10-27.98±5.81	0.03±0.00-35.00±0.01	<30 mg/L	
orthophosphate (mg/L)	0.04±0.013-0.44±0.01	0.09±0.06-1.88±0.09	≤0.5 mg/L	
BOD (mg/L)	0.00±0.00-8.70±1.97	0.00±0.00-9.30±2.12	≤20 mg/L	≤20 mg/L
total settleable solids (ml/L)	0.01±0.00-5.87±1.15	5.12±0.21-28.14±3.72	-	-

note: references: ^{1/}Koydon (2018), ^{2/}National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards ([ACFS], 2016).

สำหรับการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของระบบการเลี้ยงกบที่ควบคุมและชุดการทดลองที่เติมไบโอฟิล็อคในครั้งนี้ พบว่า จะมีดัชนีคุณภาพน้ำเพียง 2 ตัว เท่านั้น คือปริมาณแอมโมเนียรวมที่ละลายในน้ำ และปริมาณออร์โธฟอสเฟต โดยจะมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแอมโมเนียในระดับมาก และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับออร์โธฟอสเฟตในระดับปานกลาง โดยมีค่า $r = -0.89$ และ 0.57 ตามลำดับ

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกรณีชุดควบคุมและชุดการทดลองที่เติมไบโอฟิล็อค กับข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน ความยาวเฉลี่ย อัตราการรอดตาย ปริมาณอาหารที่ให้ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า $r = 0.07, 0.15, 0.14, 0.01, 0.39, 0.07$ และ 0.02 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเช่นเดียวกันกับดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นด่าง ความกระด้าง ไนโตรเจนในแอมโมเนีย และไนเตรต พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า $r = -0.05, -0.19, 0.12, 0.26, 0.02, 0.06, 0.27, 0.30$ และ 0.24 ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากการทดลองเลี้ยงปลาตู้กบักอยู่ในบ่อของชุดควบคุมและชุดการทดลองที่เติมไบโอฟิล็อคเป็นระยะเวลานาน 17 สัปดาห์ พบว่า การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของชุดการทดลองที่เติมไบโอฟิล็อคมีการเจริญเติบโตของปลาที่ดีกว่าชุดควบคุม และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ต้นทุนค่าอาหารต่อการ

ผลิตปลา 1 กิโลกรัมที่ต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Sompong, Inkam, Promya, & Whangchai (2018) ศึกษาการเติมไบโอฟิล็อคในการเลี้ยงปลานิลแดงวัยอ่อน Rucksapram, Tungse, & Rachuphimon (2021) ใช้เทคโนโลยีไบโอฟิล็อคและน้ำหมักชีวภาพสำหรับเลี้ยงปลานิลในที่ร่ม Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis (2015) ทดลองใช้เทคโนโลยีไบโอฟิล็อคในลูกปลาของ Ogello, Musa, Aura, Abwao, & Munguti (2014) ใช้ระบบเทคโนโลยีไบโอฟิล็อคในการเลี้ยงปลานิลเนื่องจากไบโอฟิล็อคสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหลักหรือสำรองในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะไบโอฟิล็อคมีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และกรดไขมัน ที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ เมื่อสัตว์น้ำกินเข้าไปจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดี และไบโอฟิล็อคไปสร้างกลุ่มแบคทีเรีย (microbiota) ในลำไส้ของปลา ทำหน้าที่คล้ายโปรไบโอติก เพิ่มอัตราการดูดซึม ส่งผลให้ปลามีสุขภาพแข็งแรง (Liu et al., 2019) และ Luo et al. (2014) ทดลองเลี้ยงปลานิลในระบบไบโอฟิล็อคกับระบบหมุนเวียนน้ำในโรงเรือน ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ไบโอฟิล็อค ปลาจะกินไบโอฟิล็อคซึ่งเป็นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีโปรตีนไปเป็นอาหารเสริม ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อลดลง การเจริญเติบโตสูงกว่าและอัตราการรอดตายสูงกว่าระบบที่ไม่มีไบโอฟิล็อค สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำได้ (Avnimelech, Mozes, & Weber, 1992; Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis, 2015; Sompong, Inkam, Promya, & Whangchai, 2018; Liu et al., 2019; Rucksapram, Tungse, &

Rachuphimon, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ปลาในชุดการทดลองที่เติมไบโอฟล็อกมีการเจริญเติบโตดีกว่า และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและต้นคำอาหารลดลงกว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมไบโอฟล็อก

Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis (2015) ได้มีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของไบโอฟล็อก พบว่ามีโปรตีนเท่ากับ 11.37-21.87 เปอร์เซ็นต์ ไขมันเท่ากับ 0.48-0.98 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต มีค่า 20.51-29.26 เปอร์เซ็นต์ และ Liu et al. (2019) ทดลองการใช้เทคโนโลยีไบโอฟล็อกในการเลี้ยงปลาในและปลา Gibel carp พบว่าการใช้ไบโอฟล็อกจะส่งผลให้มีการนำไนโตรเจนจากไบโอฟล็อกไปสะสมเป็นเนื้อปลาสูงกว่าชุดควบคุมถึง 28-42 เปอร์เซ็นต์

แต่ผลจากการศึกษาครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Suwanpakdee, Sriyasak, Chumnanka, & Pimolrat (2022) ทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบไบโอฟล็อก พบว่าไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย และผลผลิตของปลาแตกต่างกับชุดที่ควบคุม เนื่องจาก พฤติกรรมการกินอาหารของปลากะพงขาวที่นิยมกินแบบสูบน้ำบริเวณผิวน้ำ ส่งผลให้โอกาสที่จะได้กินฟล็อกที่แขวนลอยอยู่ในน้ำน้อย ส่งผลให้ปลากินอาหารเม็ดเป็นหลักไบโอฟล็อกจึงไม่เป็นแหล่งอาหารเสริม

อัตราการรอดตายของปลาในชุดการทดลองที่เติมไบโอฟล็อก มีค่า 95 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าชุดควบคุมที่มีค่า 85 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม การใช้ไบโอฟล็อกจะส่งผลให้อัตราการรอดตายสูงระดับมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

สอดคล้องกับการศึกษาของ Suresh, & Lin (1992) ที่ทดลองใช้ไบโอฟล็อกในการเลี้ยงปลานิลมีอัตราการรอดตาย 93.56 เปอร์เซ็นต์ Rostika (2014) ศึกษาในกุ้งขาวแวนาไมมีอัตราการรอดตาย 94 เปอร์เซ็นต์ และ Azim, & Little (2008) ทำการศึกษาในกุ้งขาวแวนาไม มีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัมของปลาถูกบักกียพบว่าเป็นชุดการทดลองที่เติมไบโอฟล็อก มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัมต่ำกว่าชุดควบคุมถึง 3.3 บาท/กิโลกรัม เนื่องจากปลาสามารถกินไบโอฟล็อกที่เป็นแหล่งของปริมาณโปรตีน (Kuhn, Boardman, Lawrence, Marsh, & Flick, 2009; Emerenciano, Gaxiola, & Cuzon, 2013) สอดคล้องกับการศึกษาของ Nootong (2008) การใช้ไบโอฟล็อกในปลานิลลดค่าอาหารได้ประมาณ 7-8 บาทต่อกิโลกรัม ส่วน Ogello, Musa, Aura, Abwao, & Munguti (2014) รายงานว่าการใช้ไบโอฟล็อกสามารถลดต้นทุนการผลิตค่าอาหารสัตว์น้ำสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายในระบบการผลิตทั้งหมด

ค่าคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาถูกบักกียตลอดการทดลอง มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.10-31 องศาเซลเซียส มีค่าสอดคล้องเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำจืด (ACFS, 2016) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.65-8.85 ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในระหว่าง 5.05-6.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งออกซิเจนในชุดการทดลองที่เติมไบโอฟล็อกมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมแต่ไม่มาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis (2015) รายงานว่าค่าออกซิเจนควรมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมเนื่องจากไบโอฟล็อกเป็นแบคทีเรียกลุ่มเฮเทโรโทรฟิก

ซึ่งมีความต้องการออกซิเจนสูงในน้ำมาก ๆ จึงส่งผลให้ออกซิเจนของชุดการทดลองที่เติมไบโอฟลิคมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม (Avnimelech, Mozes, & Weber, 1992; Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis, 2015) ถึงแม้ว่าจะมีการเติมอากาศตลอดเวลาก็ตาม และค่าแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.04-0.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาคุกกี้ชวย สอดคล้องเป็นไปตามค่าคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Koydon, 2018; Koydon, Charoenpol, Is-haak, & Sreejariya, 2019) ค่าไนโตรเจนในการศึกษาครั้งนี้ (0.02-0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา ที่ควรมีค่าไม่เกิน 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าเปรียบเทียบกับค่าไนโตรเจนที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลาของ Forteach (1990) ควรมีความเข้มข้นไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นค่าไนโตรเจนของทั้งสองชุดการทดลองเหมาะสมต่อเจริญเติบโต ค่าไนโตรเจนของชุดการทดลองที่เติมไบโอฟลิคมีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมมีค่า 35 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (Koydon, 2018) และค่าไนโตรเจนของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง แต่มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของ Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis (2015) ที่รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบไบโอฟลิคสูงถึง 364.52 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดควบคุมมีค่า 165.22 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันในระบบ แต่ปริมาณไนโตรเจนที่สูงไม่มีผลกระทบต่ออัตราการรอดตายเท่ากับ 91.80 และ 88.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ที่ไนโตรเจนและไนเตรทที่มีค่าสูงเหล่านี้ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตายของปลาทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากออกซิเจนละลายในน้ำมีค่ามากกว่า 3

มิลลิกรัมต่อลิตรตลอดการทดลอง ส่งผลให้เป็นพิษของไนโตรเจนและไนเตรทลดลง (Koydon, 2018)

การศึกษานี้ชุดการทดลองที่เติมไบโอฟลิคมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองพบว่าต่ำกว่าชุดควบคุมประมาณ 67.95 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าไบโอฟลิคสามารถช่วยลดแอมโมเนียภายในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดี สอดคล้องกับการศึกษา Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis (2015) ลดแอมโมเนียในน้ำลดลง 20.70 เปอร์เซ็นต์ หรือการศึกษาของ Suwanpakdee, Sriyasak, Chumnanka, & Pimolrat (2022) ทดลองใช้ไบโอฟลิคในการเลี้ยงปลากะพงขาวในน้ำจืดสามารถลดแอมโมเนียได้ 15.15-75.13 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไบโอฟลิคเป็นแบคทีเรียกลุ่มเฮเทโรโทรฟิก จะดึงแอมโมเนียไปใช้ในการสร้างเซลล์ในการเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนเซลล์แบคทีเรีย (Luo et al., 2014; Suwanpakdee, Sriyasak, Chumnanka, & Pimolrat, 2022) ส่งผลให้สามารถช่วยลดแอมโมเนียที่เป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ (Sompong, Inkam, Promya, & Whangchai, 2018; Rucksapram, Tungse, & Rachuphimon, 2021) ส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำทำให้ประหยัดต้นทุนค่าน้ำ และช่วยลดปัญหามลพิษจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (Rucksapram, Tungse, & Rachuphimon, 2021)

ปริมาณของของแข็งที่จมตัว (ไบโอฟลิค) ของชุดการทดลองที่ใช้ไบโอฟลิคมีปริมาณสูงกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากไบโอฟลิคเป็นตะกอนจุลินทรีย์ที่มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งชุดการทดลองที่เติมไบโอฟลิค และชุดควบคุมมีปริมาณของของแข็งที่

จมน้ำ ระหว่าง 5.12- 28.14 และ 0.01-5.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าปริมาณไบโอฟอสฟอรัสใกล้เคียงกับการศึกษาของ Liu et al. (2019) เท่ากับ 25-28 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีข้อมูลปริมาณไบโอฟอสฟอรัสระดับที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แต่จากการศึกษาของ Suwanpakdee, Sriyasak, Chumnanka, & Pimolrat (2022) วัดปริมาณของแข็งที่แขวนลอยแทนปริมาณของแข็งที่จมตัว (ไบโอฟอสฟอรัส) พบว่ามีค่าระหว่าง 0.00-0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ เนื่องจากมีปริมาณต่ำกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร (Boyd, & Tucker, 1998)

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกรณีระบบการเลี้ยงที่ไม่มีการเติมไบโอฟอสฟอรัสและมีการเติมไบโอฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์เชิงลบกับแอมโมเนียในระดับมาก มีค่า ($r=-0.89$) หมายถึง ถ้ามีการเติมไบโอฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลาตู้บักอูย พบว่าจะส่งผลให้ค่าแอมโมเนียในน้ำที่ใช้เลี้ยงมีค่าลดลง เนื่องจากไบโอฟอสฟอรัสเป็นแบคทีเรียกลุ่มเฮเทโรโทรฟิก สามารถใช้แอมโมเนียในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ (Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis, 2015) ส่งผลให้แอมโมเนียที่อยู่ในน้ำในระบบไบโอฟอสฟอรัสมีค่าลดลง (Faizullah, Rajagopalsamy, Ahilan, & Francis, 2015; Rucksapram, Tungse, & Rachuphimon, 2021; Suwanpakdee, Sriyasak, Chumnanka, & Pimolrat, 2022)

ความสัมพันธ์ระหว่างกรณีระบบการเลี้ยงที่ไม่มีการเติมไบโอฟอสฟอรัสและมีการเติมไบโอฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับออร์โธฟอสเฟตในระดับปานกลาง มีค่า $r=0.57$ หมายถึง ถ้ามีการเติมไบโอฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลาตู้บักอูย พบว่าจะส่งผล

ให้ค่าออร์โธฟอสเฟตในน้ำที่ใช้เลี้ยงมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Carvalho, Oehmen, Carvalho, Eusébio, & Reis (2014) ที่รายงานว่า แบคทีเรียจะสามารถย่อยสลายฟอสฟอรัส (ออร์โธฟอสเฟต) ได้ดี เมื่อแบคทีเรียอาศัยอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่ต่ำ แต่ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นที่มีการเติมอากาศตลอดเวลาเพราะต้องการปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำและไบโอฟอสฟอรัส (มีค่า ≥ 5 mg/L) ในสภาวะที่มีออกซิเจนละลายในน้ำสูง จะส่งผลให้น้ำของบ่อเลี้ยงขาดสาร polyphosphate accumulator (PAB) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่แบคทีเรียกลุ่มรีไซเคิลฟอสฟอรัสจะต้องใช้ แต่จะพบสารพวก glycogen accumulator (GAOs) แทน ทำให้กระบวนการรีไซเคิลฟอสฟอรัสน้อย เกิดการสะสมของฟอสฟอรัส แต่อย่างไรก็ตามโดยละเอียดยังไม่มียางาน (Liu et al., 2019) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อมีไบโอฟอสฟอรัสในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำสูง จะส่งผลให้เกิดการสะสมของออร์โธฟอสเฟต เพราะแบคทีเรียกลุ่มรีไซเคิลฟอสฟอรัสไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี

สรุป

การเลี้ยงปลาตู้บักอูยในบ่อชุดการทดลองที่ไม่เติมและเติมไบโอฟอสฟอรัส เป็นระยะเวลา 17 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยตลอดการทดลอง น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันและอัตราการตายของชุดการทดลองที่เติมไบโอฟอสฟอรัสมีค่าที่สูงกว่า และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองที่ไม่เติมไบโอฟอสฟอรัส ส่วนอัตราการเปลี่ยน

อาหารเป็นเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัม ตลอดจนการทดลองของชุดการทดลองที่เติมไบโอฟล็อกมีค่าต่ำกว่า การเติมไบโอฟล็อกสามารถลดค่าใช้จ่ายของด้านอาหารปลาลง 3.30 บาทต่อกิโลกรัม และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ไม่เติมไบโอฟล็อก ค่าคุณภาพน้ำทั้ง 2 ชุดการทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกบักอู๋ ไบโอฟล็อกสามารถลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำ การเติมไบโอฟล็อกมีความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation coefficients กับค่าแอมโมเนียในเชิงลบในระดับมาก ($r = -0.89$) และมีความสัมพันธ์กับค่าออร์โธฟอสเฟตในเชิงบวกในระดับปานกลาง ($r = 0.57$)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- Avnimelech, Y., Mozes, N., & Weber, B. (1992). Effects of aeration and mixing on nitrogen and organic matter transformations in simulated fish ponds. *Aquacultural Engineering*, 11(3), 157-169.
- Azim, M. E., & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1-4), 29-35.
- Barbieri, E., & Bondioli, A. C. V. (2015). Acute toxicity of ammonia in Pacu fish (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) at different temperatures levels. *Aquaculture Research*, 46(3), 565-571.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). *Pond aquaculture water quality management*. USA: Kluwer Academic Publishers.
- Browdy, C. L., Bratvold, D., Stokes, A. D., & McIntosh, R. P. (2001). Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001* (pp. 20-34). USA: The World Aquaculture Society Baton Rouge.
- Carvalho, M., Oehmen, A., Carvalho, G., Eusébio, M., & Reis, M. A. (2014). The impact of aeration on the competition between polyphosphate accumulating organisms and glycogen accumulating organisms. *Water Research*, 66, 296-307.
- Chezian, A., Senthamilselvan, D., & Kabilan, N. (2012). Histological changes induced by ammonia and pH on the gills of fresh water fish *Cyprinus carpio* var. *communis* (Linnaeus). *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(7), 588-596.
- Das, P. C., Ayyappan, S., Jena, J. K., & Das, B. K. (2004). Acute toxicity of ammonia and its sub-lethal effects on selected hematological and enzymatic parameters of mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). *Aquaculture Research*, 35(2), 134-143.
- Department of Fisheries. (2020). *Fisheries statistics of Thailand*. Bangkok: Fisheries Policy and Development Division, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Emerenciano, M., Gaxiola, G., & Cuzo, G. (2013). Biofloc technology (BFT): A review for aquaculture application and animal food industry. In M. D. Matovic (Ed.). *Biomass Now-Cultivation and Utilization* (pp. 301-328). London: InTechOpen.

- Faizullah, M., Rajagopalsamy, C. B. T., Ahilan, B., & Francis, T. (2015). Impact of biofloc technology on the growth of goldfish young ones. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(12), 1-8.
- Forteath, N. (1990). *A handbook on recirculating systems for aquatic organisms*. Hobart: Fishing Industry Training Board of Tasmania.
- Foss, A., Imsland, A. K., Roth, B., Schram, E., & Stefansson, S. O. (2009). Effects of chronic and periodic exposure to ammonia on growth and blood physiology in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 296(1-2), 45-50.
- Goswami, M., Trudeau, V. L., & Lakra, W. S. (2023). Biotechnology in modern aquaculture: Innovations, advancements, and challenges. In W. S. Lakra, M. Goswami, & V. L. Trudeau, (Eds.), *Frontiers in Aquaculture Biotechnology* (pp. 1-13). London: Academic Press.
- Is-haak, J., Koydon, S., lampichai, Y., & Ngamphongsai, C. (2022). Effects of ammonia, temperature and their interaction on oxygen consumption rate of Asian seabass (*Lates calcarifer*) juveniles. *Agriculture and Natural Resources*, 56(5), 917-924.
- Islam, M. S. (2005). Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. *Marine pollution bulletin*, 50(1), 48-61.
- Koydon, S. (2018). *Water quality analysis for aquaculture*. Pra Nakorn Si Ayutthaya: Fisheries Science Section, Faculty of Agricultural and Argo-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnaphumi. (in Thai)
- Koydon, S., Charoenpol, A., Is-haak, J., & Sreejariya, P. (2019). Effect of different stocking densities on lionhead goldfish (*Carasius auratus*) nursery. *RMUTSB Academic Journal*, 7(2), 156-165. (in Thai)
- Kuhn, D. D., Boardman, G. D., Lawrence, A. L., Marsh, L., & Flick Jr, G. J. (2009). Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*, 296(1-2), 51-57.
- Liu, H., Li, H., Wei, H., Zhu, X., Han, D., Jin, J., & Xie, S. (2019). Biofloc formation improves water quality and fish yield in a freshwater pond aquaculture system. *Aquaculture*, 506, 256-269.
- Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., & Tan, H. (2014). Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422, 1-7.
- Miron, D. D. S., Moraes, B., Becker, A. G., Crestani, M., Spanevello, R., Loro, V. L., & Baldisserotto, B. (2008). Ammonia and pH effects on some metabolic parameters and gill histology of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae). *Aquaculture*, 277(3-4), 192-196.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS). (2016). *Good aquaculture practices for freshwater animal farm*. Thai Agricultural Standard TAS 7417 (G)-2016. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (in Thai)
- Nootong, K. (2008). Nitrogen treatment in closed system aquaculture. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 16(1), 11-20. (in Thai)
- Ogello, E. O., Musa, S. M., Aura, C. M., Abwao, J. O., & Munguti, J. M. (2014). An appraisal of the feasibility of tilapia production in ponds using

- biofloc technology: A review. *International Journal of Aquatic Science*, 5(1), 21-39.
- Rostika, R. (2014). The reduction feed on shrimp vaname (*Litopenaues vannamee*) replaced by the addition biofloc in Ciamis District. *Research Journal of Biotechnology*, 9(2), 56-59.
- Rucksapram, S., Tungse, W., & Rachuphimon, N. (2021). Biofloc technology and bio-extract applications for indoor culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Agriculture*, 37(3), 243-253. (in Thai)
- Salin, D., & Williot, P. (1991). Acute toxicity of ammonia to Siberian sturgeon *Acipenser baeri*. In P. Williot, (Ed.). *Acipenser: Actes du Premier Colloque International sur l'esturgeon, Bordeaux, 3-6 octobre 1989* (pp. 153-167). Bordeaux: CEMAGREF-DICOVA.
- Shokr, E. A. M. (2019). Effect of ammonia stress on growth, hematological, biochemical, and reproductive hormones parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Abbassa International Journal for Aquaculture*, 12, 111-130.
- Sompong, U., Inkam, M., Promya, J., & Whangchai, N. (2018). Effect of biofloc technology (BFT) on red tilapia larvae aquaculture. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 46(5), 833-842. (in Thai)
- Suresh, A. V., & Lin, C. K. (1992). Effect of stocking density on water quality and production of red tilapia in a recirculated water system. *Aquacultural Engineering*, 11(1), 1-22.
- Suwanpakdee, S., Sriyasak, P., Chumnanka, N., & Pimolrat, P. (2022). Result of using biofloc on growth and water quality control in *Lates calcarifer* culture in freshwater. *Burapha Science Journal*, 26(1), 413-424. (in Thai)