รายงานการวิจัย

การใช้เทคโนโลยี bio-flocs ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน

Bio-flocs Technology Application in Integrated Culture of White Shrimp and Nile Tilapia

ปรีดา ภูมี Preeda Phumee

สุวัจน์ ธัญรส Suwat Tanyaros

มาโนช ขำเจริญ Manoch Khamcharoen

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่องการใช้เทคโนโลยี bio-flocs ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน (Bio-flocs Technology Application in Integrated Culture of White Shrimp and Nile Tilapia) ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 (เป็นโครงการวิจัยที่ดำเนินการ 2 ปีต่อเนื่อง)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมงที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย จนสำเร็จตามที่ได้วางแผนไว้

ปรีดา ภูมี

สุวัจน์ ธัญรส

มาโนช ขำเจริญ

กันยายน 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

การใช้เทคโนโลยี bio-flocs ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน

ปรีดา ภูมี สุวัจน์ ธัญรส และมาโนช ขำเจริญ

บทคัดย่อ

การใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอค (bio-flocs technology) มาใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน ประกอบด้วย 4 การทดลอง เพื่อศึกษา 1) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 2) สัดส่วนปลานิลต่อกุ้ง 3) แหล่งคาร์บอน และ 4) ความหนาแน่นของกุ้งที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาว และปลานิล โดยเลี้ยงในระบบปิด ใช้ถังไฟเบอร์ขนาด 500 ลิตร บรรจุน้ำทะเล 400 ลิตร น้ำจากถังเลี้ยงกุ้งระบายออกสู่ถังเลี้ยงปลาเพื่อบำบัด ใช้ปั๊มน้ำแบบจุ่มสูบน้ำจากถังเลี้ยงปลากลับมาสู่ถังเลี้ยงกุ้ง มีการให้อาหารกุ้งแต่ไม่ให้อาหารแก่ปลานิล จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสม คือ 16 : 1 สามารถใช้แป้งข้าวจ้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาลทรายเป็นแหล่งอินทรีย์คาร์บอนได้ ควรเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นกุ้งขาวต่อปลานิล 0.025 หรือ กุ้งขาว 100 ตัว ปลานิล 3 ตัว ซึ่งจะให้ผลผลิตกุ้งขาว และปลานิลดีที่สุด

คำสำคัญ: Bio-flocs technology, C/N Ratio, Organic Carbon, Density

.....

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Bio-flocs Technology Application in Integrated Culture of White Shrimp and Nile Tilapia

Preeda Phumee, Suwat Tanyaros and Manoch Khamcharoen

Abstract

The application of bio-flocs technology in integrated culture of white shrimp and Nile tilapia consist of four series experiment. Firstly, to determine the optimal ratio of carbon to nitrogen. Second, to investigate optimal ratio of Nile tilapia and white shrimp. Third, to evaluate good carbon source and finally, the evaluation of optimal density of white shrimp. Closed system, consist of two -500 liter fiber glass tanks, was used in this experiment. Water from shrimp cultured tank flow to fish cultured tank then was pumped back to shrimp cultured tank. Shrimp were fed three meals a day, daily while, fish were not fed. The results from this experiment indicated that the optimal ratio of carbon to nitrogen is 16:1. Rice flour, tapioca flour and sugar can be used as carbon sources in bio-flocs technology. The optimal density white shrimp and Nile tilapia is 0.025 or 100 pieces of white shrimp and 3 pieces of Nile tilapia gave high production of white shrimp and Nile tilapia.

Keywords: Bio-floc technology, C/N Ratio, Organic Carbon, Density

.....

Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Sikao, Trang.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(1)
บทคัดย่อ	(2)
Abstract	(3)
สารบัญเรื่อง	(4)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(6)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัย	3
วิธีดำเนินการวิจัย	4
ผลการวิจัย	11
วิจารณ์ผลการวิจัย	23
สรุป	28
ข้อเสนอแนะ	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก 1 โปรแกรมการให้อาหารกุ้งขาว	32

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตรวม และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งเติมแหล่งคาร์บอนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	11
ตารางที่ 2	อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิลที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งเติมแหล่งคาร์บอนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	12
ตารางที่ 3	คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งเติมแหล่งคาร์บอนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	13
ตารางที่ 4	อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตรวมและการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของปลานิลแตกต่างกัน	14
ตารางที่ 5	อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิลที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของปลานิลแตกต่างกัน	15
ตารางที่ 6	คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของปลานิลแตกต่างกัน	16
ตารางที่ 7	อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่ใช้แหล่งคาร์บอนต่างกัน	17
ตารางที่ 8	อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิล ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่ใช้แหล่งคาร์บอนต่างกัน	18
ตารางที่ 9	คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่ใช้แหล่งคาร์บอนต่างกัน	19
ตารางที่ 10	อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของกุ้งแตกต่างกัน	20
ตารางที่ 11	อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิล ที่เลี้ยงด้วย เทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของกุ้งแตกต่างกัน	21
ตารางที่ 12	คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอคที่มี ความหนาแน่นของกุ้งแตกต่างกัน	22

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ระบบที่ใช้ในการทดลอง 5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งนิยมเลี้ยงแบบหนาแน่นสูง (super-intensive) เพื่อให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง การเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นสูง จำเป็นต้องมีการให้อาหารที่มีโปรตีนสูงและในปริมาณมาก เพื่อให้กุ้งได้รับอาหารเพียงพอและโตเร็ว ส่งผลให้มีการปล่อยสารอินทรีย์ รวมถึงธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำ และส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง การเปลี่ยนถ่ายน้ำจากการเพาะเลี้ยงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงได้มีการนำเทคนิคต่าง ๆ มาใช้เพื่อลดของเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและปรับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงให้มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง เช่น การเลี้ยงในระบบปิด (Recirculating Aquaculture System; RAS) (2012; Lin*, et al.*, 2003) และ เทคโนโลยีไบโอฟลอค (Bio-flocs Technology; BFT) (Crab*, et al.*, 2012; De Schryver*, et al.*, 2008)

การเลี้ยงสัตว์น้ำแบบผสมผสาน (integrated aquaculture system) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีการนำมาใช้เพื่อลดของเสียที่เกิดจากระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่นโดยของเสียดังกล่าวถูกนำไปใช้เป็นทรัพยากรเพื่อผลิตสัตว์ หรือพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นต่อไป เช่น การเลี้ยงปลาร่วมกับสาหร่าย (Neori*, et al.*, 2000) ระบบนี้นอกจากช่วยลดของเสียแล้วยังก่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้นด้วย

Muangkeow และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นร่วมกับปลานิลในระบบปิด ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการเลี้ยง โดยน้ำจากบ่อกุ้งไหลเวียนสู่บ่อปลานิล ซึ่งปลานิลจะกรองกินเศษอาหารและอาหารธรรมชาติที่ผลิตโดยของเสียจากบ่อกุ้ง จากนั้นน้ำจากบ่อปลานิลจะไหลเวียนกลับไปสู่บ่อกุ้ง พบว่าที่ความหนาแน่นกุ้ง 40 ตัวต่อตารางเมตร ปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำต่ำมากเมื่อเทียบกับการเลี้ยงแบบบ่อกุ้งเดี่ยว ที่อัตราส่วนของปลาต่อกุ้ง (tilapia: shrimp ratio) 0.025 กุ้งมีการเจริญเติบโตที่ดี (0.26 กรัมต่อวัน) และปลานิลสามารถเจริญเติบโตได้ในอัตรา 1.89 กรัมต่อวัน ในขณะที่การเจริญเติบโตของกุ้งในการเลี้ยงแบบบ่อกุ้งเดี่ยว คือ 0.24 กรัมต่อวัน อย่างไรก็ตาม Muangkeow (2009) พบว่าเมื่อเพิ่มความหนาแน่นกุ้งเป็น 120 ตัวต่อตารางเมตร ปริมาณไนไตรท์ในน้ำเพิ่มสูงขึ้นถึง 11.6 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยที่การเจริญเติบโตของกุ้งเป็นปกติเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่มีการหมุนเวียนของน้ำระหว่างบ่อกุ้งกับบ่อตกตะกอน (sedimentation pond) (0.27 กรัมต่อวัน และ 0.28 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) จากผลการทดลองดังกล่าวเป็นไปได้ว่าถ้าเพิ่มความหนาแน่นของกุ้งสูงขึ้นมากกว่า 120 ตัวต่อตารางเมตร ปริมาณไนไตรท์ในน้ำอาจสูงจนกระทบการเจริญเติบโตของกุ้งและปลาได้

ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้ง นิยมเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง จึงพบปัญหาของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ และของเสียที่เกิดจากอาหารเหลือ ในกรณีที่มีการให้อาหารมากเกินไป ส่งผลให้มีการสะสมของเสียมากขึ้นเรื่อยๆ ของเสียที่พบบ่อย และเป็นพิษต่อสัตว์น้ำคือ แอมโมเนีย ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาเทคนิคการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อย ร่วมกับการใช้จุลินทรีย์ ในการบำบัดของเสียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอค (bio-flocs technology; BFT) ในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่นเพื่อลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำ ระบบนี้เกี่ยวข้องกับการเจริญของ heterotrophic bacteria แบคทีเรียกลุ่มนี้เจริญเติบโตได้จำเป็นต้องใช้แหล่งอาหารจากสารอินทรีย์ โดยการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen compound) โดยเฉพาะแอมโมเนีย เป็นโปรตีนและกลุ่มจุลินทรีย์จะรวมกันเป็นก้อน (microbial biomass) เรียกว่า ฟลอค (Floc) หรือที่วงการเลี้ยงกุ้งเรียกว่า ตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถเป็นอาหารแก่สัตว์น้ำที่เลี้ยงได้ (De Schryver, *et al.*, 2008) การเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจน เป็นโปรตีน ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนในสารอินทรีย์ (Anand, et al., 2013) หากอยู่ในภาวะสมดุล การใช้คาร์บอนและไนโตรเจนจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ จึงไม่มีการสะสมของแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำ อาหารปลาและกุ้งโดยทั่วไปมีไนโตรเจนในสัดส่วนที่สูง ดังนั้นเมื่อ แบคทีเรียย่อยสลายอาหารปลาและกุ้งที่เหลือค้างในบ่อรวมถึงสิ่งขับถ่าย จึงมีผลให้เกิดแอมโมเนียสะสมในบ่อต่อไป ในระบบ bio-flocs technology จะมีการควบคุมสัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนในสารอินทรีย์ของบ่อโดยมีการเติมอินทรีย์คาร์บอนลงในบ่อ เพื่อให้แบคทีเรียดึงอนินทรีย์ไนโตรเจนรูปแบบแอมโมเนียที่สะสมไปใช้ (immobilize) และเพื่อให้การย่อยสลายเกิดขึ้นโดยไม่มีการสะสมของแอมโมเนียในน้ำ ตัวอย่างของอินทรีย์คาร์บอนที่ใช้ เช่น กลูโคส แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด กากน้ำตาล (molasses) (Browdy, *et al.*, 2001; Hargreaves, 2006) และแป้งสาลี (wheat flour) (Azim and Little, 2008) ในระบบนี้จะเกิดแบคทีเรียจำนวนมากในบ่อ แบคทีเรียจะจับตัวรวมกันและจับรวมกับชิ้นส่วนเล็ก ๆ (particle), คอยลอยด์ และแพลงก์ตอนในน้ำ เกิดเป็นกลุ่มก้อนขนาดเล็ก (bio-floc) (Azim and Little, 2008; De Schryver, *et al.*, 2008; Ju, *et al.*, 2008) นอกจากแบคทีเรียในระบบ bio-floc จะช่วยลดแอมโมเนียในน้ำแล้ว เซลล์ของแบคทีเรียมีโปรตีนสูง สามารถเป็นอาหารของปลาและกุ้งได้ (Avnimelech, 2006) Azim และ Little (2008) รายงานว่า bio-flocs ที่เกิดจากการเติมแป้งสาลีลงในบ่อมีคุณค่าทางอาหารเหมาะสำหรับปลานิล ส่งผลให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม Avnimelech และ Kochba (2009) ประเมินการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนจาก flocs ที่ผลิตโดยการเติมแป้งข้าวโพด (corn starch) ลงในบ่อทดลอง (tanks) พบว่าปลานิลสามารถใช้ประโยชน์ flocs และเก็บสะสมในเนื้อในอัตรา 240 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อน้ำหนักตัวปลา 1 กิโลกรัม หรือประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนที่ปลาได้รับจากอาหารปลาใน

ระบบที่ไม่มี flocs การใช้ bio-flocs technology ในการเลี้ยงกุ้ง มีรายงานโดย Browdy และคณะ (2001) และ Jory และคณะ (2001) ว่ามีผลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำและเป็นอาหารของกุ้งขาว ซึ่งกุ้งสามารถกิน flocs ขนาด 1-2 มิลลิเมตร ได้โดยตรง Burford และคณะ (2004) ตรวจสอบการใช้ประโยชน์ flocs ของกุ้งขาว พบว่า 18-29 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่สะสมในตัวกุ้งเป็นไนโตรเจนจาก flocs

การใช้ bio-flocs technology ในระบบการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานที่มีการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่น มีความเป็นไปได้สูงที่จะประสบความสำเร็จ ทั้งนี้เนื่องจาก flocs ที่ผลิตในบ่อกุ้งนอกจากช่วยลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำแล้ว flocs ยังเป็นอาหารของปลานิล ซึ่งส่งผลให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น การทดลองครั้งนี้ มีจุดประสงค์หลักเพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของการใช้ bio-flocs technology ในระบบการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน โดยประสิทธิภาพของ ระบบ bio-flocs พิจารณาจาก ผลของ bio-flocs ที่มีต่อปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ การเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งและปลานิล

วัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัย

วัตถุประสงค์หลักคือเพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอค ในระบบการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน โดยมีวัตถุประสงค์จำเพาะดังนี้

1. เพื่อทดสอบผลของการใช้ C/N ratio ระดับต่าง ๆ ใน เทคโนโลยีไบโอฟลอค สำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน ที่มีต่อปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ การเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งและปลานิล
2. เพื่อทดสอบผลของสัดส่วนของการปล่อยปลานิลต่อกุ้งขาว ในระบบการเลี้ยงภายใต้ เทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่มีต่อปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ การเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งและปลานิล
3. เพื่อทดสอบผลของการใช้แหล่งอินทรีย์คาร์บอนต่างๆ ใน เทคโนโลยีไบโอฟลอค สำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน ที่มีต่อปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ การเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งและปลานิล
4. เพื่อทดสอบผลของการเพิ่มความหนาแน่นของกุ้งในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานที่ใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอค (bio-flocs technology; BFT) ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสาน ประกอบด้วย 4 การทดลองย่อย คือ

การทดลองที่ 1 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

ใช้แป้งข้าวจ้าวในการปรับสัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน โดยให้มี C/N ratio 16:1 และ 20:1 ชุดควบคุมไม่มีการปรับสัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน ความหนาแน่นของกุ้งคือ 120 ตัวต่อตารางเมตร

การทดลองที่ 2 สัดส่วนที่เหมาะสมของปลานิลต่อกุ้งขาว ที่เลี้ยงภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

อัตราส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว 3 ระดับ คือ 0, 0.025, 0.05 และ0.075 ความหนาแน่นของกุ้งคือ 120 ตัวต่อตารางเมตร ดังนั้นความหนาแน่นของปลานิลคือ 0, 3, 6 และ 9 ตัวต่อตารางเมตร อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ใช้เป็นค่า C/N ratio ที่ได้จากการทดลองที่1

การทดลองที่ 3 ผลของแหล่งคาร์บอนชนิดต่างๆ ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

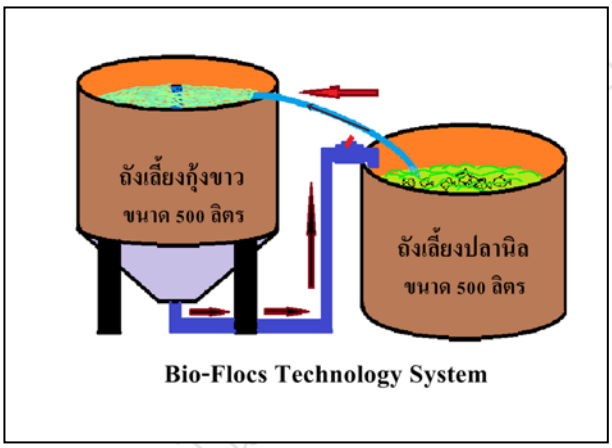
แหล่งของคาร์บอนที่ใช้คือ แป้งข้าวจ้าว, แป้งมันสำปะหลัง, น้ำตาล และกากน้ำตาล (molasses) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และความหนาแน่นของกุ้งต่อปลานิลที่ใช้ เป็นผลจากการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

การทดลองที่ 4 ผลของความหนาแน่นของกุ้งในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

โดยใช้ความหนาแน่น 3 ระดับคือ ความหนาแน่นของกุ้งคือ 146, 196 และ 246 ตัวต่อตันภายใต้สภาวะการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 1, 2 และ 3

1. ระบบการทดลอง

การเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค เป็นการเลี้ยงในระบบปิด ประกอบด้วย ถังไฟเบอร์ ขนาด 500 ลิตร จำนวน 2 ถัง (เลี้ยงปลา 1 ถัง และเลี้ยงกุ้ง 1 ถัง) ถังเลี้ยงกุ้งบรรจุน้ำ 400 ลิตร ถังเลี้ยงปลาบรรจุน้ำ 300 ลิตร มีการหมุนเวียนของน้ำ โดยน้ำจากถังเลี้ยงกุ้งขาวระบายออกไปยังถังเลี้ยงปลานิลเพื่อบำบัด ใช้ปั๊มน้ำแบบจุ่ม (submersible pump) สูบน้ำจากถังเลี้ยงปลานิล กลับมาใช้เลี้ยงกุ้งขาวต่อไป (ภาพที่ 1) ให้อากาศ (aeration) ในถังเลี้ยงกุ้งขาว แต่ไม่ให้อากาศในถังปลานิลยกเว้นเมื่อออกซิเจนต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 1 ระบบที่ใช้ในการทดลอง

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

2.1 กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) นำลูกกุ้งขาว ระยะ PL 10 จากบริษัทเจริญโภคภัณฑ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช มาอนุบาลที่ความเค็ม 18 ส่วนในพัน (ppt) โดยให้อาหารสำเร็จรูป สำหรับกุ้งวัยอ่อน (เบอร์ 0) วันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 3 สัปดาห์

2.2 ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ซื้อลูกปลานิลจากฟาร์มเอกชน จังหวัดตรัง นำมาอนุบาล เพื่อปรับสภาพให้เหมาะกับการทดลอง และปรับความเค็มเพิ่มเป็น 18 ส่วนในพัน ให้อาหารสำเร็จรูปปลานิล วัยอ่อน (เบอร์ 1) วันละ 3 ครั้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์

3. การดำเนินการทดลอง

การทดลองที่ 1 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

1) แผนการทดลองและการเตรียมระบบ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่เติมแป้ง (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เติมแป้งเพื่อให้มี C/ N ratio 16:1

ชุดการทดลองที่ 3 เติมแป้งเพื่อให้มี C/ N ratio 20:1

ใช้แป้งข้าวจ้าวในการปรับอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนตามที่กำหนด ปริมาณแป้งที่เติมคำนวณตามวิธีของ De Schryver และคณะ (2008) ดังนี้ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 16: 1 เติมแป้ง 635 กรัมต่อถัง อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 20: 1 เติมแป้ง 794 กรัมต่อถัง ให้อากาศผ่านหัวทราย เพื่อให้น้ำหมุนเวียนดี เติมแป้งทุก ๆ สัปดาห์เพื่อรักษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

2) วิธีการทดลอง

2.1) สุ่มกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่มีขนาดใกล้เคียงและมีสุขภาพแข็งแรง ใส่ในถังทดลองจำนวน100 ตัวต่อถัง บันทึกน้ำหนักกุ้งก่อนการทดลอง สุ่มชั่งปลานิล (*O. niloticus*) ที่มีขนาดใกล้เคียง และสุขภาพแข็งแรง ใส่ในถังทดลอง (สำหรับเลี้ยงปลา) จำนวน 5 ตัวต่อถัง

2.2) ให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาว (เบอร์ 1) วันละ 4 มื้อ (โดยคำนวณตามตารางผนวก 1) ส่วนปลานิลไม่ให้อาหาร ทำการทดลองนาน 10 สัปดาห์

การทดลองที่ 2 สัดส่วนที่เหมาะสมของปลานิลต่อกุ้งขาวที่เลี้ยงภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

1) แผนการทดลองและการเตรียมระบบ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0 (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.025 (3 ตัวต่อถัง)

ชุดการทดลองที่ 3 สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.05 (6 ตัวต่อถัง)

ชุดการทดลอง ที่ 4 สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.075 (9 ตัวต่อถัง)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ระบบการเลี้ยง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ปรับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1 คือ 16:1 โดยใช้แป้งข้าวจ้าว 635 กรัมต่อถัง เติมแป้งทุก ๆ สัปดาห์เพื่อรักษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งคือ กุ้ง 100 ตัวต่อถัง ปลานิล 0, 3, 6, และ 9 ตัวต่อถัง

2) วิธีการทดลอง การเก็บข้อมูล และคุณภาพน้ำ ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 ผลของแหล่งคาร์บอนชนิดต่างๆ ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

1) การแผนการทดลองและการเตรียมระบบ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยใช้แหล่งคาร์บอนต่างกัน ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้ แป้งข้าวจ้าว

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้แป้งมันสำปะหลัง

ชุดการทดลองที่ 3 ใช้น้ำตาลทรายขาว

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้กากน้ำตาล (molasses)

เติมแหล่งคาร์บอนให้มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 16:1 โดยเติม แป้งข้าวจ้าว 635 กรัมต่อถัง แป้งมันสำปะหลัง 639 กรัมต่อถัง น้ำตาลทรายขาว 590 กรัมต่อถัง และกากน้ำตาล 825 กรัมต่อถัง เติมแหล่งคาร์บอนทุก ๆ สัปดาห์เพื่อรักษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งกำหนดตามผลการทดลองที่ 2 คือ กุ้ง

2) วิธีการทดลอง การเก็บข้อมูล คุณภาพน้ำ ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 4 ผลของความหนาแน่นของกุ้งในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

1) แผนการทดลองและเตรียมระบบ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ความหนาแน่นของกุ้งคือ 146 ตัวต่อตัน (60 ตัวต่อถัง)

ชุดการทดลองที่ 2 ความหนาแน่นของกุ้งคือ 196 ตัวต่อตัน (80 ตัวต่อถัง)

ชุดการทดลองที่ 3 ความหนาแน่นของกุ้งคือ 246 ตัวต่อตัน (100 ตัวต่อถัง)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ใช้แหล่งคาร์บอนที่ได้จากผลการทดลองที่ 3 คือแป้งข้าวจ้าว เติมแป้งให้มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 16:1 โดยเติม แป้งข้าวจ้าว 635 กรัมต่อถัง เติมแป้งทุก ๆ สัปดาห์เพื่อรักษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งกำหนดตามผลการทดลองที่ 2 คือ ปลานิล 3 ตัวต่อถัง กุ้ง 60, 80 และ100 ตัวต่อถัง

2) วิธีการทดลอง การเก็บข้อมูล คุณภาพน้ำ ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4. การเก็บข้อมูล

4.1 บันทึกน้ำหนักกุ้งและปลาทุก 2 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง แต่ละครั้งสุ่มกุ้ง 20 ตัวต่อถัง (20 %) ส่วนปลาชั่งทุกตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ชั่งน้ำหนักกุ้งและปลาทั้งหมด นับจำนวนปลาและกุ้งที่เหลือ บันทึกปริมาณอาหารที่กิน เพื่อคำนวณอัตราการเจริญเติบโตสะสม ผลผลิตอัตรารอด และอัตราการแลกเนื้อ โดยการคำนวณดังนี้

1) อัตราการเจริญเติบโตสะสม

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตสะสม (กรัม/ตัว/วัน)} = \frac{\text{น.น.กุ้งหรือปลาเฉลี่ยปัจจุบัน(กรัม)-น.น.กุ้งหรือปลาเฉลี่ยตอนปล่อย}}{\text{อายุการเลี้ยง (วัน)}}$$

2) ปริมาณผลผลิต

$$\text{ปริมาณผลผลิต (กรัมต่อตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนังกุ้งหรือปลาที่จับได้ทั้งหมด (กรัม)}}{\text{พื้นที่ถัง (ตารางเมตร)}}$$

3) อัตราการรอดตาย

$$\text{อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งหรือปลาที่เหลือ (ตัว)}}{\text{จำนวนกุ้งหรือปลาที่ปล่อย (ตัว)}} \times 100$$

4) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{อาหารที่กิน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่ม (กรัม)}}$$

4.2 คุณภาพน้ำ สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำจากถังเลี้ยงกุ้ง ในระหว่างทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยมีความถี่ในการสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ดังนี้

ลำดับที่	รายการ และความถี่	วิธี หรือ เครื่องมือ
	ทุก 2 สัปดาห์	
1	TAN	Phenate method (APHA et al., 1998)
2	NO^{2-}	Colorimetric method (APHA et al., 1998)
3	SRP	Ascorbic acid method (APHA et al., 1998)
	ทุก 4 สัปดาห์	
4	TSS	Dried at 103-105^{o}C (APHA et al., 1998)
5	POM	Ignite at 550^{o}C (APHA et al., 1998)
6	Chlorophyll a	Trichomatic method (APHA et al., 1998)
	เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง	
7	Total alkalinity	Titration method (APHA et al., 1998)
8	Total nitrogen (TN)	Simultaneous oxidation of nitrogen and phosphorus compounds with persulfate ตามด้วย Tox-N analysis (Hansen and Koroleff, 1999; APHA et al., 1998)
9	Total phosphorus (TP)	Digestion and colorimetric procedure (Yoshida et al., 1976) Simultaneous oxidation of nitrogen and phosphorus compounds with persulfate ตามด้วย SRP analysis (Hansen and Koroleff, 1999; APHA et al., 1998)
	ทุกวัน ในเวลา 06.30 และ 15.30 น.	
10	DO	YSI oxygen meter
11	pH	pH meter
12	Temperature	YSI oxygen meter
	ทุกวัน ในเวลา 15.30 น.	
13	ความเค็ม	conductivity meter

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

5. **การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลการเจริญเติบโต คุณภาพน้ำที่ได้ วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธี One way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

6. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

1.1 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ผลผลิตรวม และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว

จากการศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต่างกัน ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ผลผลิตรวม และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายผลผลิตรวม และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของกุ้งขาวชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนทั้ง 2 ระดับมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตรวม และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งเติมแหล่งคาร์บอนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตรวม (กรัม/ตร.ม.)	การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
ควบคุม	93.00 ± 5.59	0.073±0.00 b	469.56±19.78	1.97±0.19
16:1 (C:N)	82.00 ± 6.87	0.083±0.00 a	455.63 ± 5.82	1.87±0.25
20:1 (C:N)	88.25±11.08	0.080±0.00 a	481.62±27.53	1.83±0.08

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

1.2 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตรวมของปลา

อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ขณะที่ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิลชุดทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอนทั้ง 2 ระดับ มากกว่าชุดทดลองควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิลที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งเติมแหล่งคาร์บอนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตรวม (กรัม/ตร.ม.)
ควบคุม	100	0.52 ± 0.05^{b}	115.32 ± 12.79^{b}
16:1 (C:N)	100	1.05 ± 0.10^{a}	239.91 ± 14.91^{a}
20:1 (C:N)	100	0.94 ± 0.08^{a}	227.15 ± 26.03^{a}

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

1.3 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของความเค็ม อุณหภูมิ พีเอช ค่าความเป็นด่าง ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอคในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณแอมโมนียรวม (TAN) ตะกอนแขวนลอย (TSS) และอินทรีย์สารแขวนลอย (POM) ของชุดควบคุมมีค่าน้อยกว่าชุดทดลองที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนทั้ง 2 ระดับ ส่วนค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ไนไตรท์ (NO^{-}_{2}) ฟอสเฟต (SRP) และคลอโรฟิลล์เอ ของชุดควบคุมมีค่ามากกว่าชุดทดลองที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนทั้ง 2 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งเติมแหล่งคาร์บอนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

คุณภาพน้ำ	ชุดการทดลอง		
	ชุดควบคุม	16:1 (C:N)	20:1 (C:N)
Salinity (ppt)	18.10±0.01	18.10±0.01	18.10±0.02
Temp (°C)	29.48±0.18	29.54±0.18	29.52±0.22
DO (mg L^{-1})	5.44±0.15 ^{a}	4.43±0.08 ^{c}	4.72±0.13 ^{b}
pH	7.13±0.00	7.14±0.01	7.13±0.00
Alkalinity (mg L^{-1})	124.50±4.79	121.00±7.43	119.50±7.23
TAN (mg-N L^{-1})	0.005±0.00 ^{b}	0.012±0.00 ^{a}	0.009±0.00 ^{a}
Nitrite (mg-N L^{-1})	11.91±0.63 ^{b}	5.42±0.45 ^{a}	6.07±0.64 ^{a}
SRP (mg-P L^{-1})	0.004±0.00 ^{b}	0.002±0.00 ^{a}	0.003±0.00 ^{a}
TSS (mg L^{-1})	320.00±8.38 ^{b}	791.16±93.15 ^{a}	802.00±21.62 ^{a}
POM (mg L^{-1})	6.78±0.05 ^{b}	11.09±1.87 ^{a}	10.72±1.46 ^{a}
Chl_a (mg L^{-1})	0.16±0.01 ^{a}	0.12±0.00 ^{c}	0.14±0.00 ^{b}
TN (mg-N L^{-1})	5.37±1.14	2.65±1.83	3.51±2.05
TP (mg-P L^{-1})	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

Temp = Temperature, DO = Dissolved oxygen, TAN = Total ammonium nitrogen, SRP =Soluble reactive phosphate, TSS = Total suspended solids, POM = particulate organic matter, Chl_a = Chlorophyll a, TN = Total nitrogen, TP = Total phosphate

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

การทดลองที่ 2 สัดส่วนที่เหมาะสมของปลานิลต่อกุ้งขาวที่เลี้ยงภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

2.1 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ผลผลิตรวม และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว

การเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่ความหนาแน่นปลานิลต่างกันพบว่า อัตราการรอดตาย ผลผลิตรวม และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม ชุดการทดลองที่มีสัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.025 (ปลานิล 3 ตัวต่อถัง) มีค่าสูงสุด มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตรวมและการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟล็อค ซึ่งมีความหนาแน่นของปลานิลแตกต่างกัน

จำนวนปลานิล (ตัวต่อถัง)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตรวม (กรัม/ตร.ม.)	การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
ไม่มีปลานิล	82.00±6.56	0.21±0.0007^{b}	610.44±48.88	1.46±0.12
3 ตัว	88.33±2.09	0.22±0.0025^{a}	681.23±23.43	1.30±0.05
6 ตัว	82.33±7.64	0.21±0.0013^{b}	620.26±54.04	1.43±0.13
9 ตัว	83.33±7.09	0.21±0.0034^{b}	630.52±52.98	1.41±0.12

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0

สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.025 (3 ตัว/ถัง)

สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.05 (6 ตัว/ถัง)

สัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.075 (9 ตัว/ถัง)

2.2 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตรวมของปลา

การเจริญเติบโตและผลผลิตของปลานิล ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่ความหนาแน่นปลานิลต่างกันพบว่า อัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย และผลผลิตรวม ของปลานิล ชุดการทดลองที่มีสัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว

เท่ากับ 0.025 (ปลานิล 3 ตัวต่อถัง) มีค่าสูงสุด มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) รองลงมาคือชุดการทดลองที่มีสัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.05 และ 0.75 (ปลานิล 6 ตัว และ 9 ตัวต่อถัง) ตามลำดับ (แสดงในตารางที่5)

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิลที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของปลานิลแตกต่างกัน

จำนวนปลานิล (ตัวต่อถัง)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตรวม (กรัม/ตร.ม.)
3 ตัว	100.00±0.00	1.67±0.03^{a}	58.54±0.96^{a}
6 ตัว	100.00±0.00	1.34±0.01^{b}	46.82±0.41^{b}
9 ตัว	96.29±6.41	1.22±0.09^{c}	42.74±3.18^{c}

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

2.3 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของความเค็ม อุณหภูมิ พีเอช ค่าความเป็นด่าง ปริมาณแอมโนเนียรวม (TAN) คลอโรฟิลล์ เอ ตะกอนแขวนลอย (TSS) ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของปลานิลต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ไนไตรท์ ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (SRP) และอินทรีย์สารแขวนลอย (POM) มีความแตกต่างระหว่างชุดทดลอง (p<0.05) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าลดลงตามความหนาแน่นปลานิลที่เพิ่มขึ้น โดยออกซิเจนที่ละลายในน้ำในชุดการทดลองที่ไม่มีปลานิลมีค่าสูงสุด และชุดการทดลองที่มีปลานิล 9 ตัวมีค่าต่ำสุด ปริมาณไนไตรท์ ชุดการทดลองที่มีปลานิล 3 ตัวมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญจากชุดการทดลองที่ไม่มีปลา และมีปลา 6 และ 9 ตัว ปริมาณอินทรีย์สารแขวนลอยในชุดการทดลองที่มีปลา 9 ตัวมีปริมาณน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 6

ตาราง 6 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของปลานิลแตกต่างกัน

คุณภาพน้ำ	จำนวนปลานิล (ตัวต่อถัง)			
	0	3 ตัว	6 ตัว	9 ตัว
Salinity (ppt)	22.03±0.06	22.00±0.00	22.00±0.00	22.03±0.06
Temp (°C)	29.53±0.40	29.36±0.42	29.66±0.25	29.50±0.36
DO (mg L^{-1})	5.27±0.42^{a}	4.89±0.21^{b}	4.83±0.82^{b}	4.71±0.32^{b}
pH	8.53±0.06	8.30±0.20	8.33±0.25	8.36±0.06
Alkalinity (mg L^{-1})	119.00±1.00	120.17±1.18	119.17±0.29	119.67±0.80
TAN (mg-N L^{-1})	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
Nitrite (mg-N L^{-1})	5.62±0.36^{a}	4.29±0.07^{b}	5.69±0.30^{a}	5.41±0.35^{a}
SRP (mg-P L^{-1})	0.003±0.00^{b}	0.002±0.00^{c}	0.003±0.00^{b}	0.005±0.00^{a}
TSS (mg L^{-1})	739.30±11.69	902.93±129.72	700.06±113.13	730.63±114.91
POM (mg L^{-1})	374.08±28.41^{ab}	490.38±33.99^{a}	410.76±85.58^{ab}	330.83±100.85^{b}
Chl_a (mg L^{-1})	80.50±1.29	83.82±1.15	79.67±2.94	77.31±6.18
TN (mg-N L^{-1})	2.71±0.41	3.13±0.56	2.73±0.43	3.47±0.55
TP (mg-P L^{-1})	0.02±0.01	0.02±0.00	0.02±0.04	0.02±0.00

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

Temp = Temperature, DO = Dissolved oxygen, TAN = Total ammonium nitrogen, SRP =Soluble reactive phosphate, TSS = Total suspended solids, POM = particulate organic matter, Chl_a = Chlorophyll a, TN = Total nitrogen, TP = Total phosphate

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

การทดลองที่ 3 ผลของแหล่งคาร์บอนชนิดต่างๆ ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

3.1 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ผลผลิตรวม และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว

การศึกษาแหล่งคาร์บอนต่างกัน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค พบว่า อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม ในชุดทดลองที่เติมแป้งข้าวจ้าว มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับชุดทดลองที่เติมแป้งมันสำปะหลังและน้ำตาลทราย ส่วนอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่เติมกากน้ำตาลมีค่าต่ำสุด การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแนนาไมมีค่าต่ำสุด (ดีที่สุด)ในชุดการทดลองที่เติมแป้งข้าวจ้าว แต่ไม่แตกต่างกับชุดที่เติมน้ำตาลทราย ส่วนกุ้งขาวแวนนาไมในชุดการทดลองที่เติมกากน้ำตาลมีค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) จากชุดการทดลองที่เติมแป้งข้าวจ้าว แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p> 0.05$) จากชุดการทดลองที่เติมแป้งมันปะหลังและน้ำตาลทราย (แสดงในตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟล็อค ที่ใช้แหล่งคาร์บอนต่างกัน

ชุดการทดลอง	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตรวม (กรัม/ ตร.ม.)	การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
แป้งข้าวจ้าว	89.67±4.51^{a}	0.20±0.001^{a}	636.99±33.75^{a}	1.38±0.07^{a}
แป้งมันสำปะหลัง	86.00±6.00^{ab}	0.20±0.002^{a}	606.82±47.54^{ab}	1.45±0.12^{b}
น้ำตาลทราย	87.00±3.61^{ab}	0.20±0.001^{a}	612.88±26.66^{ab}	1.43±0.06^{ab}
กากน้ำตาล	78.00±6.25^{b}	0.19±0.001^{b}	538.22±42.64^{b}	1.63±0.13^{b}

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

3.2 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตรวมของปลา

อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตรวมเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ(p>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิล ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่ใช้แหล่งคาร์บอนต่างกัน

ชุดการทดลอง	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตรวม (กรัม/ตารางเมตร)
แป้งข้าวจ้าว	100.00±0.00[a]	2.39±0.06[a]	83.70±2.214[a]
แป้งมันสำปะหลัง	100.00±0.00[a]	2.37±0.05[a]	82.88±1.67[a]
น้ำตาลทราย	100.00±0.00[a]	2.39±0.07[a]	83.65±2.56[a]
กากน้ำตาล	88.89±19.24[a]	1.97±0.55[a]	68.79±19.13[a]

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

3.3 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของความเค็ม อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ฟอสเฟต ตะกอนสารแขวนลอย อินทรีย์สารแขวนลอย ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลด้วยระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอคในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่พบว่าชุดที่มีการเติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอนจากน้ำตาลทรายขาว มีเฉลี่ยของออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่างจาก แป้งข้าวจ้าว แป้งมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ส่วนค่าคลอโรฟิลล์ เอในชุดที่มีการเติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอนจากกากน้ำตาลพบว่าค่าเฉลี่ยมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการเติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอน ดังแสดงในตารางที่ 9

ตาราง 9 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่ใช้แหล่งคาร์บอนต่างกัน

คุณภาพน้ำ	แหล่งคาร์บอน			
	แป้งข้าวจ้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาลทรายขาว	กากน้ำตาล
Salinity (ppt)	20.00±0.00	20.03±0.06	20.07±0.06	30.02±0.06
Temp (°C)	29.67±0.40	29.73±0.25	29.36±0.25	29.83±0.35
DO (mg L^{-1})	5.27±0.19b	4.72±0.48b	6.46±0.32a	4.72±0.35b
pH	8.43±0.15	8.4±0.17	8.30±0.26	8.17±0.21
Alkalinity (mg L^{-1})	119.42±1.84	120.42±1.28	118.42±0.52	117.75±1.95
TAN (mg-N L^{-1})	0.02±0.00	0.0348±0.02	0.02±0.00	0.02±0.00
Nitrite (mg-N L^{-1})	3.9649±0.42	4.3183±0.65	3.86±0.20	4.02±0.12
SRP (mg-P L^{-1})	0.0031±0.00	0.0032±0.00	0.0025±0.00	0.0022±0.00
TSS (mg L^{-1})	1005.17±139.326	922.04±58.80	880.44±93.67	875.9±67.70
POM (mg L^{-1})	679.82±93.96a	606.743±128.52a	433.9886.45b	447.24±127.50b
Chl_a (mg L^{-1})	83.21±0.03a	80.23±4.62a	78.59±2.64a	64.68±2.14b
TN (mg-N L^{-1})	2.7881±0.42	3.6852±0.80	2.98±0.98	3.38±1.11
TP (mg-P L^{-1})	0.0136±0.00	0.0134±0.00	0.02±0.01	0.0113±0.00

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

Temp = Temperature, DO = Dissolved oxygen, TAN = Total ammonium nitrogen, SRP =Soluble reactive phosphate, TSS = Total suspended solids, POM = particulate organic matter, Chl_a = Chlorophyll a, TN = Total nitrogen, TP = Total phosphate

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

การทดลองที่ 4 ผลของความหนาแน่นของกุ้งในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค

4.1 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ผลผลิตรวม และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว

จากผลการทดลอง พบว่า อัตราการรอดตายของกุ้งที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ (p<0.05) โดยที่ระดับความหนาแน่น 60 ตัวต่อถัง มีอัตราการรอดตายสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับอัตราการรอดตายของกุ้งที่ระดับความหนาแน่น 80 ตัวต่อถัง ส่วนอัตราการรอดตายของกุ้งที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อถัง มีค่าต่ำสุด (ตารางที่ 10)

อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งมีความแตกต่างทางสถิติ (p<0.05) โดยกุ้งที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 60 ตัวต่อถัง มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด ส่วนกุ้งที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 80 และ 100 ตัวต่อถังมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 10)

ปริมาณผลผลิตรวมของกุ้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) โดยกุ้งที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อถังมีผลผลิตมากที่สุด รองลงมา คือ ผลผลิตของกุ้งที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 80 และ 60 ตัวต่อถัง ตามลำดับ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ จากการศึกษาครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของกุ้งแตกต่างกัน

จำนวนกุ้ง (ตัว/ถัง)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตรวม (กรัม/ตร.ม.)	การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
60 ตัวต่อถัง	81.75±3.40^{a}	0.28±0.004^{a}	475.93±18.33^{c}	1.50±0.06
80 ตัวต่อถัง	77.75±4.65^{ab}	0.25±0.004^{b}	541.74±34.76^{b}	1.55±0.12
100 ตัวต่อถัง	75.25±3.50^{b}	0.25±0.001^{b}	647.41±32.52^{a}	1.54±0.07

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 4 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

4.2 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตรวมของปลานิล

อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และผลผลิตรวมของปลานิลที่เลี้ยงภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอคที่มีความหนาแน่นของกุ้งแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 11 จากผลการทดลองพบว่าปลานิลมีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิลที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นกุ้ง 60 ตัวต่อถัง มีค่าสูงที่สุด และแตกต่างจากชุดการทดลองอื่น ๆ (p<0.05)

ตารางที่ 11 อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลานิล ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ซึ่งมีความหนาแน่นของกุ้งแตกต่างกัน

จำนวนกุ้ง (ตัวต่อถัง)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตรวม
60	100.00±0.00	1.81±0.06^{a}	63.23±2.09^{a}
80	100.00±0.00	1.52±0.04^{b}	53.36±1.42^{b}
100	100.00±0.00	1.48±0.01^{b}	51.80±0.46^{b}

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

4.3 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของความเค็ม อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเป็นด่าง ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (SRP) ตะกอนแขวนลอย (TSS) และตะกอนอินทรีย์สาร (POM) ในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลด้วยระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอคที่มีความหนาแน่นของกุ้งขาวต่างกัน ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ คลอโรฟิลล์ เอ ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูงในชุดการทดลองที่มีกุ้ง 60 ตัวต่อถัง และมีค่าต่ำสุดในชุดการทดลองที่มีกุ้ง 100 ตัวต่อถัง ค่าแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม มีค่าสูงในชุดการทดลองที่มีกุ้ง 100 ตัวต่อถัง และต่ำสุดในชุดการทดลองที่มีกุ้ง 60 ตัวต่อถัง ส่วนค่าคลอโรฟิลล์ เอ ในชุดการทดลองที่กุ้ง 30 ตัวต่อถังมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 12)

ตาราง 12 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอคที่มีความหนาแน่นของกุ้งแตกต่างกัน

คุณภาพน้ำ	จำนวนกุ้ง (ตัวต่อถัง)		
	60	80	100
Salinity (ppt)	22.05±0.06	22.02±0.05	22.05±0.06
Temp (°C)	28.60±0.36	28.65±0.55	29.10±0.29
DO (mg L^{-1})	5.96±0.39^{a}	5.03±0.23^{b}	4.53±0.41^{b}
pH	8.10±0.14	8.22±0.10	8.17±0.10
Alkalinity (mg L^{-1})	119.93±1.14	119.75±0.45	120.62±1.01
TAN (mg-N L^{-1})	0.018±0.00^{b}	0.024±0.00^{a}	0.026±0.00^{a}
Nitrite (mg-N L^{-1})	3.16±0.15^{b}	3.76±0.15^{a}	3.65±0.20^{a}
SRP (mg-P L^{-1})	0.004±0.00	0.003±0.00	0.003±0.00
TSS (mg L^{-1})	1027.44±16.92	1043.10±15.16	1140.75±94.45
POM (mg L^{-1})	552.70±211.51	741.98±222.60	623.25±206.59
Chl_a (mg L^{-1})	73.83±6.42^{a}	51.01±6.52^{b}	61.28±10.86^{ab}
TN (mg-N L^{-1})	2.58±0.42^{b}	3.76±0.83^{a}	3.34±0.44^{a}
TP (mg-P L^{-1})	0.01±0.00^{b}	0.03±0.00^{a}	0.03±0.01^{a}

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์จำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

Temp = Temperature, DO = Dissolved oxygen, TAN = Total ammonium nitrogen, SRP =Soluble reactive phosphate, TSS = Total suspended solids, POM = particulate organic matter, Chl_a = Chlorophyll a, TN = Total nitrogen, TP = Total phosphate

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ผลผลิตรวม และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาว

จากการศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในครั้งนี้ พบว่าการเติมแหล่งคาร์บอน ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวเพิ่มขึ้นโดยไม่มีผลกระทบต่ออัตราการตาย สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhao และคณะ (2012) รายงานว่า กุ้ง *Marsupenaeus japonicas* ที่เลี้ยงภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า จากการศึกษาครั้งนี้แม้ว่ากุ้งในชุดการทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอนมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า แต่ปริมาณผลผลิตรวมไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าอัตรารอดแม้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่อัตรารอดของกุ้งชุดที่เติมแหล่งคาร์บอนมีค่าน้อยกว่า จึงมีผลให้ปริมาณผลผลิตรวมของกุ้งไม่ต่างกัน นอกจากนี้กุ้งได้รับอาหารสำเร็จรูปจนอิ่มทุกวัน จึงไม่ได้ใช้ฟล็อคเป็นอาหาร ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Emerenciano และคณะ (2011) รายงานว่า กุ้ง pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) ที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอคและให้อาหารมีผลผลิตมากกว่าและมีอัตรารอดสูงกว่ากุ้งที่ไม่ได้เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ส่วนกุ้งที่ลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอคและไม่ให้อาหารมีอัตรารอด และผลผลิตไม่แตกต่างจากกุ้งที่ไม่ได้เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค

การเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่มีสัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาวต่างกัน (การทดลองที่ 2) พบว่ากุ้งขาวที่เลี้ยงภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค ที่มีสัดส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว เท่ากับ 0.05 หรือระดับความหนาแน่นของปลา 3 ตัวต่อถังมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม (ไม่มีปลานิล) และมีค่าสูงที่สุด อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่เลี้ยงภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอค พบว่ามีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อมีความหนาแน่นของปลานิลเพิ่มขึ้น ส่วนการเจริญเติบโต และผลผลิตรวมของปลานิล พบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีความหนาแน่นของปลาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นได้ว่า เมื่อมีปลาเพิ่มขึ้น ปริมาณฟลอคที่เกิดขึ้นอาจไม่เพียงพอ จึงทำให้ปลาในชุดทดลองที่มีความหนาแน่นมาก มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าปลาในชุดการทดลองที่มีความหนาแน่นน้อย การเจริญเติบโตของกุ้งขาวก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเจริญเติบโตของปลา

การศึกษาแหล่งอินทรีย์คาร์บอนในครั้งนี้พบว่าการเติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอนจากกากน้ำตาลทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแตกต่างจากชุดทดลองที่เติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอนจากแป้งข้าวจ้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาลทรายขาว แต่ยังคงทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Avnimelech (2006) พบว่ากุ้งกินฟลอค ที่เกิดขึ้นจากการเติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอนในระหว่างการเลี้ยง ที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนคือกุ้งในบ่อที่

เติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอนจะไม่ขึ้นมารออาหารที่ผิวน้ำ ส่วนผลผลิตรวม อัตราการรอด และอัตราการแลกเนื้อของกุ้งขาวไม่มีความแตกต่างกัน เพราะว่าให้อาหารสำเร็จรูปจนอิ่มทุกวัน

ในการทดลองที่ 4 การศึกษาระดับความหนาแน่นของกุ้งที่ 146, 196 และ 246 ตัวต่อตัน หรือ 60, 80 และ 100 ตัวต่อถัง พบว่า อัตราการรอด และอัตราการเจริญเติบโต ของกุ้งลดลงตามความหนาแน่นของกุ้ง อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวมของปลาก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน เช่นเดียวกับการรายงานของ Yuan และคณะ (2010) รายงานว่าระดับความหนาแน่นของปลานิลต่ำ (0.4 ตัวต่อตารางเมตร) ส่งผลให้ปลา (*Oreochromis* spp.) และกุ้ง (*L. vannamei*) มีการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นสูง

2. อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตรวมของปลานิล

จากการศึกษาอัตราส่วนคาร์บอน ไนโตรเจน ต่างกัน โดยการเติมแป้งเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าการเติมแหล่งคาร์บอนไม่ได้มีผลต่ออัตราการรอดของปลานิล แต่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตรวม ปลานิลจากชุดทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอนมีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าปลานิลจากชุดควบคุม การเพิ่มแหล่งคาร์บอนลงในบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นการเพิ่มแหล่งอาหารของโปรตีนจุลชีพ เกิดการสร้างฟล็อคซึ่งเป็นอาหารแก่ปลานิล (Avnimelech, 2007) สอดคล้องกับ Azim และ Little (2008) รายงานว่าปลานิลที่เลี้ยงโดยเทคโนโลยีไบโอฟลอคมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 45 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาครั้งนี้ทดลองในระบบปิด โดยน้ำจากบ่อกุ้งไหลเวียนสู่บ่อปลานิลซึ่งปลานิลจะกรองกินเศษอาหารและอาหารธรรมชาติ (flocs) ที่ผลิตจากของเสียจากบ่อกุ้ง โดยแบคทีเรีย จากนั้นน้ำจากบ่อปลานิลจะไหลเวียนกลับไปสู่บ่อกุ้ง (Muangkeow, *et al.*, 2007)

ในการศึกษาอัตราส่วนปลานิลต่อกุ้งขาว ที่ต่างกัน คือ 0.25, 0.5 และ 0.75 หรือ มีปลานิล 3, 6 และ 9 ตัวต่อถัง ตามลำดับ พบว่า อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตรวมของปลานิล ลดลงตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นได้ว่า เมื่อมีปลาเพิ่มขึ้น ปริมาณฟลอคที่เกิดขึ้นอาจไม่เพียงพอ จึงทำให้ปลาในชุดทดลองที่มีความหนาแน่นมาก มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าปลาในชุดการทดลองที่มีความหนาแน่นน้อย

การศึกษาชนิดของแหล่งอินทรีย์คาร์บอนพบว่าการเติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอนจากแป้งข้าวจ้าว แป้งมันสำปะหลัง น้ำตาลทรายขาว และกากน้ำตาล มีผลต่ออัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโตและผลิตรวมของปลานิลที่ไม่แตกต่างกัน การเติมแหล่งอินทรีย์คาร์บอนลงในบ่อเลี้ยงกุ้งและปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอคเป็นการเพิ่มแหล่งอาหารของโปรตีนจุลชีพซึ่งปลาจะใช้

เป็นอาหาร (Avnimelech, 2010) สอดคล้องกับการเลี้ยงกุ้งขาวแบบเข้มข้นร่วมกับปลานิลที่ทดลองโดย Muangkeow และคณะ (2007) น้ำจากบ่อกุ้งไหลเวียนสู่บ่อปลานิลซึ่งปลานิลจะกรองกินเศษอาหารและอาหารธรรมชาติที่ผลิตโดยของเสียจากบ่อกุ้ง จากนั้นน้ำจากบ่อปลานิลจะไหลเวียนกลับไปสู่บ่อกุ้ง

3. คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค

การใช้ระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบระบบหนาแน่นสูงเพื่อเปลี่ยนปริมาณ แอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำให้สามารถนำกลับมาใช้เป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ ในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอคนี้เกี่ยวข้องกับการเจริญของ heterotrophic bacteria ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ต้องอาศัยอาหารที่ได้จากการสร้างของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารในการเสริมสร้างเซลล์ใหม่และเป็นพลังงานในการดำรงชีวิต โดยการเจริญต้องใช้แอมโมเนีย ไนไตรท์ คาร์บอน และไนโตรเจนเป็นแหล่งพลังงานหลัก

จากการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวและปลานิลแบบผสมผสานในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค พบว่า คุณภาพน้ำบางประการ เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ พีเอช ค่าความเป็นด่าง ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม สอดคล้องกับการศึกษาของ Megahed (2010) ซึ่งพบว่าความเค็ม อุณหภูมิ พีเอชและค่าความเป็นด่างไม่แตกต่าง เนื่องจากเลี้ยงในถังทดลองภายในโรงเรือน ส่วนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำถูกควบคุมโดยแบคทีเรียผ่านกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเติมแหล่งคาร์บอน (Avnimelech, 1999) การให้อาหารกุ้งขาวในระหว่างการเลี้ยงจึงเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มแหล่งอินทรีย์คาร์บอนและโปรตีนในน้ำ ส่วนออกซิเจนละลายน้ำในชุดทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอนมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าในชุดทดลองควบคุม สอดคล้องกับการศึกษาของ Krummenauer และคณะ (2010) เนื่องจากในน้ำของชุดทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอนมีปริมาณอินทรีย์สารมากกว่า และมีการนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการของการเกิดฟลอค (Avnimelech, 2011) อย่างไรก็ตามปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยมีค่า 4.43 – 4.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งกำหนดให้ไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

จากการศึกษาครั้งนี้ ค่าแอมโมเนียรวม (TAN) ของชุดควบคุมซึ่งไม่เติมแหล่งคาร์บอนมีค่าน้อยกว่าชุดทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอน ในขณะที่ค่าไนไตรท์ ของชุดควบคุมมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า ในชุดการทดลองที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอน(ชุดควบคุม) เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) แอมโมเนียเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ จึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียต่ำ ในขณะที่ปริมาณไนไตรท์สูง ส่วนชุดการทดลองที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนทั้งสองระดับ แอมโมเนียถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนโดยแบคทีเรีย เกิดกระบวนการสร้างฟลอค (flocs) ซึ่งเห็นได้จากปริมาณอินทรีย์สารแขวนลอย (POM) มีปริมาณมากกว่าชุดที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอน Avnimelech และ Kochba (2009)ได้ทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยเทคโนโลยีไบโอฟลอค โดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่าระหว่างการเลี้ยงปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์จะสูงเนื่องจากการสะสมของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของเสียและจากแหล่งอินทรีย์คาร์บอนที่เติมลงไป เช่นเดียวกับการศึกษาของ Krummenauer และคณะ (2014)ซึ่งศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาว *(Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสต์ลาวา โดยการควบคุมการเปลี่ยนถ่ายน้ำพบว่าในชุดทดลองที่ไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำมีค่าแอมโมเนียสูงถึง 0.52 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์สูงถึง 10.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่กุ้งมีอัตราการรอดถึง 92.13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแอมโมเนียและไนไตรท์ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานไม่ได้มีผลต่อกุ้งขาวในการเลี้ยงด้วยระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค เนื่องจากกุ้งขาวสามารถปรับตัวให้อยู่รอด สอดคล้องกับการศึกษาของ Huang (1979) รายงานว่า กุ้งสามารถปรับตัวเพิ่มความทนทานต่อแอมโมเนีย และไนไตรท์ตามอายุ Chen และคณะ (1990) รายงานว่าระดับค่าปลอดภัยของแอมโมเนียและไนไตรท์ต่อกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ตัวเต็มวัยมีค่าเท่ากับ 0.08 และ 10.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ยังไม่มีข้อมูลความปลอดภัยในกุ้งขาว

นอกจากนั้นพบว่าค่าของตะกอนแขวนลอยรวมและอินทรีย์สารแขวนลอยของชุดทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอนมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองควบคุมเนื่องจากตะกอนแขวนลอยรวมและอินทรีย์สารแขวนลอยในระยะแรกเกิดจากการเติมแหล่งคาร์บอนและในระยะหลังเกิดจากกระบวนการสร้างฟลอค โดยในระยะแรกความขุ่นของน้ำเกิดจากตะกอนจากแหล่งอินทรีย์คาร์บอนที่เติมลงไป (Zhao *et al.,* 2012) และเมื่อระยะเวลาผ่านไปปริมาณของฟลอคเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นอาหารของสัตว์น้ำต่อไป จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีตะกอนแขวนลอยรวม มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 320 - 802 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Vanitchanai และคณะ (2009) พบว่าการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ในระหว่างการเพาะเลี้ยงปลานิลทำให้ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 52 ถึง 1,118 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเติมแหล่งคาร์บอนทำให้มีค่าของแอมโมเนีย ไนไตรท์และฟอสเฟตที่สูงขึ้น โดยเฉพาะแอมโมเนียและไนไตรท์ มีค่าสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่มีค่าเท่ากับ 3 และ 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร (Boyd, 2003) ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Avnimelech (2007) ทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยระบบเทคโนโลยี Bio-flocs โดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่าระหว่างการเลี้ยงปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์จะสูงเนื่องจากการสะสมของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของเสียและจากแหล่งอินทรีย์คาร์บอนที่เติมลงไป เช่นเดียวกับการศึกษาของ Krummenauer และคณะ (2011) ศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาว *(Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสลาว่าโดยการควบคุมการเปลี่ยนถ่ายน้ำพบว่าในชุดทดลองที่ไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำมีค่าแอมโมเนียสูงถึง 0.52 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์สูงถึง 10.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่กุ้งก็ยังมีอัตราการรอดถึง 92.13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแอมโมเนียและไนไตรท์ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานไม่ได้มีผลต่อกุ้งขาวในการเลี้ยงด้วยระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค เนื่องจากกุ้งขาวสามารถปรับตัวให้อยู่รอด สอดคล้องกับการศึกษาของ Huang (1979) รายงานว่า กุ้งสามารถปรับตัวเพิ่มความทนทานต่อแอมโมเนีย และไนไตรท์ตามอายุ Chen และคณะ (1990) รายงานว่าระดับค่าปลอดภัยของแอมโมเนียและไนไตรต่อกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ตัวเต็มวัยมีค่าเท่ากับ 0.08 และ 10.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ยังไม่ข้อมูลความปลอดภัยในกุ้งขาว

นอกจากนั้นพบว่าค่าของตะกอนแขวนลอยทั้งหมดและอินทรีย์สารแขวนลอยของชุดทดลองที่เติมแหล่งคาร์บอนจากแป้งข้าวจ้าวมีค่าสูงเมื่อนำเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากตะกอนแขวนลอยทั้งหมดและอินทรีย์สารแขวนลอยในระยะแรกเกิดจากการเติมแหล่งคาร์บอนและในระยะหลังเกิดจากกระบวนการสร้างฟลอค โดยในระยะแรกความขุ่นของน้ำเกิดจากตะกอนจากแหล่งอินทรีย์คาร์บอนที่เติมลงไป (Zhao *al et*. 2012) และเมื่อระยะเวลาผ่านไปปริมาณของฟลอค จะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นอาหารของสัตว์น้ำ จากผลการศึกษาพบว่ามีตะกอนแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ย 1005.17±139.326 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Vanitchanai และคณะ (2009) พบว่าการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนในระบบเทคโนโลยีไบโอฟลอค ในระหว่างการเพาะเลี้ยงปลานิลทำให้ตะกอนแขวนลอยทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 52 ถึง 1,118 มิลลิกรัมต่อลิตร

สรุป

จากการศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวร่วมกับปลานิลภายใต้เทคโนโลยีไบโอฟลอคในครั้งนี้ พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมมีค่า 16 : 1 สามารถใช้ แป้งข้าวจ้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาลทรายเป็นแหล่งอินทรีย์คาร์บอนได้ ทั้งนี้ต้องพิจารณาความคุ้มทุนประกอบด้วย เพื่อให้กระบวนการเกิดฟลอคที่เหมาะสม ควรเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นกุ้งขาว ต่อปลานิล 0.025 หรือ กุ้งขาว 100 ตัว ปลานิล 3 ตัว

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในระบบปิดที่ดำเนินการในโรงเรือน ควรมีการขยายผลไปสู่การเลี้ยงในบ่อดิน นอกจากนี้ควรมีการศึกษาความคุ้มทุนด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

Anand, P. S., Kumar, S., Panigrahi, A., Ghoshal, T., Dayal, J. S., Biswas, G., Sundaray, J., De, D., Raja, R. A., and Deo, A. (2013). Effects of C: N ratio and substrate integration on periphyton biomass, microbial dynamics and growth of Penaeus monodon juveniles. *Aquaculture International, 21*(2): 511-524.

Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture, 176*(3–4): 227-235.

Avnimelech, Y. (2006). Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering, 34*(3): 172-178.

Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture, 264*(1–4): 140-147.

Avnimelech, Y., and Kochba, M. (2009). Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using 15N tracing. [doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.10.009]. *Aquaculture, 287*(1–2): 163-168.

Azim, M. E., and Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). [doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.06.036]. *Aquaculture, 283*(1–4): 29-35.

Browdy, C. L., Bratvold, D., Stokes, A., McIntosh, P., Browdy, L., and Jory, D. E. (2001). Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In C. L. Browdy & D. E. Jory (Eds.), *The new wave, proceedings of special session on sustainable shrimp culture.* (pp. 20-43). Baton Rouge, Louisiana: The World Aquaculture Society

Burford, M. A., Thompson, P. J., McIntosh, R. P., Bauman, R. H., and Pearson, D. C. (2004). The contribution of flocculated material to shrimp (< i> Litopenaeus vannamei</i>) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture, 232*(1): 525-537.

Chen, J.-C., Liu, P.-C., and Lei, S.-C. (1990). Toxicities of ammonia and nitrite to Penaeus monodon adolescents. *Aquaculture, 89*(2): 127-137.

Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., and Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. [doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.046]. *Aquaculture, 356–357*(0): 351-356.

De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., and Verstraete, W. (2008). The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. [doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.019]. *Aquaculture, 277*(3–4): 125-137.

Ebeling, J. M., and Timmons, M. B. (2012). Recirculating Aquaculture Systems *Aquaculture Production Systems* (pp. 245-277): Wiley-Blackwell.

Emerenciano, M., Ballester, E. L., Cavalli, R. O., and Wasielesky, W. (2011). Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp Farfantepenaeus paulensis: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International, 19*(5): 891-901.

Hargreaves, J. A. (2006). Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering, 34*(3): 344-363.

Jory, D., Cabrera, T., Dugger, D., Fegan, D., Berger, C., Orrantia, J., Wainberg, A., Perez, H., Castaoeda, J., and McIntosh, R. (2001). A global review of shrimp feed management: status and perspectives. *Aquaculture 2001: Book of Abstracts. 318*: 2001.

Ju, Z. Y., Forster, I., Conquest, L., Dominy, W., Kuo, W. C., and David Horgen, F. (2008). Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquaculture Research, 39*(2): 118-133.

Krummenauer, D., Cavalli, R. O., Ballester, E. L. C., and Wasielesky, W. (2010). Feasibility of pacific white shrimp Litopenaeus vannamei culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or a double CROP management strategy in earthen ponds. *Aquaculture Research, 41*(2): 240-248.

Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., and Wasielesky, W. (2014). The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, Litopenaeus vannamei, in BFT System. *Journal of the World Aquaculture Society, 45*(1): 3-14.

Lin, Y.-F., Jing, S.-R., and Lee, D.-Y. (2003). The potential use of constructed wetlands in a recirculating aquaculture system for shrimp culture. *Environmental Pollution, 123*(1): 107-113.

Megahed, M. E. (2010). The effect of Microbial Biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (Penaeus Semisulcatus) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society, 5*: 119-142.

Muangkeow, B. (2009). *Growth, nutrient conversionand water quality in integrated culture of white shrimp, Litopenaeus vannamei (Boone), and Nile tilapia, Oreochromis niloticus L., in an outdoor recirculating system.* Unpublished Dissertation, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

Muangkeow, B., Ikejima, K., Powtongsook, S., and Yi, Y. (2007). Effects of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., stocking density on growth, nutrient conversion rate and economic return in integrated closed recirculation system. [doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.04.002]. *Aquaculture, 269*(1–4): 363-376.

Neori, A., Shpigel, M., and Ben-Ezra, D. (2000). A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. [doi:10.1016/S0044-8486(99)00378-6]. *Aquaculture, 186*(3): 279-291.

Yuan, D., Yi, Y., Yakupitiyage, A., Fitzimmons, K., and Diana, J. S. (2010). Effects of addition of red tilapia (*Oreochromis* spp.) at different densities and sizes on production, water quality and nutrient recovery of intensive culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in cement tanks. [doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.11.011]. *Aquaculture, 298*(3–4): 226-238.

Zhao, P., Huang, J., Wang, X.-H., Song, X.-L., Yang, C.-H., Zhang, X.-G., and Wang, G.-C. (2012). The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of Marsupenaeus japonicus. *Aquaculture, 354–355*(0): 97-106.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 โปรแกรมการให้อาหารกุ้งขาว

อายุกุ้งขาว (วัน)	เปอร์เซ็นต์อาหารต่อน้ำหนักตัว	เบอร์อาหาร	เพดานอาหารต่อกุ้ง 100,000 ตัวต่อวัน (กก.)
1-10	200-20	101	2
10-20	20-8.0	102	3.5
20-30	8.0-6.5	102	9
30-40	6.5-5.0	102+103	15
40-50	5.0-4.0	103	20
60-70	4.0-3.5	103	30
70-80	3.5-3.3	103+104	40
80-90	3.3-3.0	104	45
90-100	3.0-2.8	104	40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย