ประสิทธิภาพของชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่องในการเลี้ยงปลาหมอ

Efficiency of Multichamber Denitrification Bioreactor (MDB) of Organic Loading on Nitrate Removal for Climbing Perch (*Anabas testudineus*) Culture

วรพงษ์ นลินานนท์[1*] และ สายชล เลิศสุวรรณ[1]

Warrapong Nalinanon[1*] and Saichon Lerdsuwan[1]

บทคัดย่อ: ศึกษาประสิทธิภาพของชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่องที่ติดตั้งประกอบในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนเปรียบเทียบกับชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนทั่วไป ในการเพาะเลี้ยงปลาหมอ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ ใช้ปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 1.83 กรัม ความยาวมาตรฐานเฉลี่ยเริ่มต้น 2.63-2.78 เซนติเมตร จำนวน 30 ตัว/ซ้ำ ชุดการทดลองที่ 1 เป็นชุดควบคุมที่เลี้ยงปลาในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน (RAT) ทั่วไป และชุดการทดลองที่ 2 เป็นชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนที่ประกอบชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง (RAT+MDB) ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 14 สัปดาห์ โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า ค่าคุณภาพน้ำในกลุ่มสารอินทรีย์ไนโตรเจน ในชุดการทดลองที่ 2 (RAT and MDB) มีค่าปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุม โดยเฉพาะช่วงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 เป็นต้นไป ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลาหมอทดลองพบว่า ปลาในชุดถังทดลอง (RAT+MDB) มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ดีที่สุดมีค่าแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองควบคุม ($P < 0.05$)

คำสำคัญ: ปลาหมอ, ไนเตรท, ระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง

ABSTRACT: Study on effect of nitrate removal apparatus in recirculation aquaculture tanks for Climbing perch (*Anabas testudineus*) culture was conducted in 2 treatments with 4 replication each. Fish with initial weight 1.83 g. and initial length between 2.63-2.48 cm. were stocked in fish tanks (200 liters) with 30 fish per replication. Treatment 1 was control unit (recirculation aquaculture tanks; RAT) and treatment 2 was recirculation aquaculture tanks combined with multichamber denitrification bioreactor; RAT+MDB). Feed were given in twice daily for 14 weeks period. Results shown that the treatment 2 (RAT+MDB) was significantly lower ($P < 0.05$) in organic nitrogen waste such as ammonia, nitrite and nitrate than treatment 1 (RAT) especially after 10 weeks culture. Moreover, growth performance as final weight, weight gain, ADG and SGR in RAT+MDB was significantly better treatment 1 (RAT) ($P < 0.05$).

Keywords: climbing perch (*Anabas testudineus)*, nitrate, multichamber denitrification bioreactor

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯลาดกระบัง จ.ชุมพร 86160
Department of Agricultural Technology, Prince of Chumphon Campus, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chumphon, 86160

* Corresponding author: warrapong.na@kmitl.ac.th

บทนำ

ปลาหมอ Climbing Perch (*Anabas testudineus*) เป็นปลาที่รู้จักและนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว สามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อ อ่างเก็บน้ำ และในนาข้าว หรือในถังเลี้ยง มีความทนทาน อดทนสูง และสามารถปรับตัวตามสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี (สุทธิชัย, 2545) และยังเป็นปลาที่มีรสชาติดี สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายอย่าง หรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายชนิด ซึ่งปลาหมอนับเป็นปลาที่อยู่ในความนิยมของผู้บริโภคอย่างแพร่หลายและสูงมาตลอดจนถึงปัจจุบัน (สุจินต์, 2550)

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระบบน้ำหมุนเวียน (Recirculation Aquaculture System) เป็นเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำรูปแบบใหม่ด้วยการนำน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงแล้วนำมาบำบัดให้มีคุณภาพดีขึ้นแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ ระบบเหล่านี้การกำจัดของเสียที่อยู่ในระบบน้ำหมุนเวียนเช่นเดียวกับการบำบัดน้ำทิ้ง เป็นวิธีการหนึ่งในการใช้น้ำอย่างประหยัดและคุ้มค่า (ขวัญชัย, 2553) แต่ปัญหาส่วนใหญ่ของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบดังกล่าว คือ การสะสมของสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท (Crab et al., 2007) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำในระดับที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะไนเตรทที่สะสมในน้ำอาจไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรง แต่อาจส่งผลต่อสภาวะความเครียด สัตว์น้ำอ่อนแอลงและติดโรคสัตว์น้ำต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น การใช้กระบวนการทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์กลุ่ม denitrifying bacteria จากปฏิกิริยา denitrification ในการเปลี่ยนไนเตรทในน้ำให้เป็นแก๊สไนโตรเจนมีการศึกษากันมาอย่างแพร่หลายทั้งในน้ำเสียจากอุตสาหกรรม จากครัวเรือน และน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Delanghe et al., 1994) โดยปฏิกิริยา denitrification จะเกิดได้อย่างสมบูรณ์ต้องอาศัยระบบปฏิกรณ์ชีวภาพ (bioreactor) ที่เหมาะสมในการเติบโต ซึ่งต้องเป็นระบบไร้อากาศ (anaerobe) อย่างสมบูรณ์ มีตัวกลางยึดเกาะ (media) ที่เหมาะสม และมีแหล่งของคาร์บอน (carbon source) ที่ใช้เพื่อการเติบโตอย่างเพียงพอ (Pujol et al., 1994) งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะลดปัญหาไนเตรทที่สะสมในน้ำ โดยศึกษาความเป็นไปได้ของการนำชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง Multichamber Denitrification Bioreactor (MDB) มาประกอบในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน เพื่อควบคุม และลดการสะสมของไนเตรทในน้ำที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาหมอ โดยศึกษาค่าคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยง รวมถึงค่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายของปลาหมอที่เลี้ยงในระบบดังกล่าว

วิธีการศึกษา

แผนการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง(Multichamber Denitrifiction Bioreactor; MDB) ในการเพาะเลี้ยงปลาหมอที่ทำการทดลองเปรียบเทียบการเลี้ยงในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนปกติ (Recirculation Aquaculture Tanks หรือ RAT) เป็นชุดการทดลองควบคุม และเลี้ยงในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนที่ติดตั้งชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง (RAT+ MDB) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design,CRD) ประกอบด้วย 2 ชุดทดลอง (Treatments) ชุดทดลองละ 4 ซ้ำ(Replications) รวม 8 หน่วยทดลอง (Experimental Units) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) ชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนปกติ (ชุดการทดลองควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) ชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนที่ติดตั้งชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง; (RAT + MDB)

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ปลาหมอทดลองเป็นปลาวัยอ่อนอายุประมาณ 3 สัปดาห์ ที่มีขนาดน้ำหนักระหว่าง 1.80-1.85 กรัม ได้จากการเพาะพันธุ์ของฟาร์มเพาะพันธุ์สัตว์น้ำเอกชนในตำบลทะเลทรัพย์ อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร จำนวน 1,000 ตัว นำมาเลี้ยงในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร จำนวน 5 ถัง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้ปลาได้ปรับสภาพ

ให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและหัดให้กินอาหารสำหรับปลาหมอวัยอ่อนที่มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 07.30 และ 16.30 น. จนกระทั่งลูกปลายอมรับอาหาร สามารถปรับตัวได้ จึงเริ่มทำการทดลอง

การเตรียมชุดถังทดลอง

ชุดถังทดลอง แบ่งเป็น ชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนปกติ (Recirculation Aquaculture Tanks; RAT) เป็นชุดควบคุม และชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนที่ติดตั้งชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง เป็นชุดถังทดลอง (Recirculation Aquaculture Tanks + Multichamber Denitrifiction Bioreactor; RAT+ MDB) โดยชุดถังทดลองทั้ง 2 แบบ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ถังเลี้ยง เป็นถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 4 ถัง ส่วนที่ 2 ถังกรอง สร้างขึ้นจากถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ถัง แบ่งเป็นถังกรองชีวภาพ (biofilter) จำนวน 1 ถัง และถังกรองปรับสภาพน้ำ (make up water) จำนวน 1 ถัง และส่วนที่ 3 เป็นถังพักน้ำขนาด 300 ลิตร โดยทั้ง 3 ส่วน ติดตั้งเป็นชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนที่มีปริมาตรน้ำรวมทั้งระบบเท่ากับ 1,300 ลิตร (**Figure 1**)

Figure 1 Recirculation Aquaculture Tanks; RAT

ชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง ประกอบด้วย

1) ส่วน heterotroph chamber จำนวน 1 ช่อง สร้างขึ้นจากท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความยาว 40 เซนติเมตร ปิดปลายท่อทั้งสองข้างด้วยฝาปิดพีวีซีขนาด 4 นิ้ว ฝาปิดด้านบนเจาะเป็นรูขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 2 รู เพื่อสอดท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ความยาว 40 เซนติเมตร เป็นท่อน้ำเข้า โดยปลายด้านบนต่อกับสามทางพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ด้านบนของสามทางต่อกับบอลวาล์วขนาด 0.5 นิ้ว และกรวยขยายพีวีซีแบบ 0.5 เป็น 2 นิ้ว พร้อมฝาปิดพีวีซีขนาด 2 นิ้ว เพื่อใช้เป็นส่วนที่เติมสารประกอบ ซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนแก่จุลินทรีย์ที่กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำ เช่น เอธิลแอลกอฮอล์ (ethylalcohol) ปลายด้านข้างของสามทางเป็นท่อน้ำเข้า ที่ต่อกับปั๊มน้ำขนาด 5 วัตต์ ซึ่งทำหน้าที่ส่งน้ำเข้าสู่ระบบส่วนรูที่สองบนฝาปิดพีวีซี ใช้สอดท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ความยาว 10 เซนติเมตร ปลายด้านบนต่อกับข้องอขนาด 0.5 นิ้ว และท่อพีวีซีความยาว 20 เซนติเมตร เพื่อนำน้ำออกจากส่วน heterotroph chamber ไปยังรูน้ำเข้าของส่วน denitrifying chamber ที่ 1 ภายใน heterotroph chamber บรรจุด้วยไบโอบอลจนเต็ม เพื่อให้เป็นที่ยึดเกาะ อาศัยแก่แบคทีเรียกลุ่ม heterotrophic bacteria ที่สามารถใช้ออกซิเจน และทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจนมีค่าต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร (**Figure 2**)

2) ส่วน denitrifying chamber จำนวน 7 ช่อง สร้างขึ้นจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความยาว 40 เซนติเมตร ปิดปลายท่อทั้งสองข้างด้วยฝาปิดพีวีซีขนาด 4 นิ้ว ปลายด้านบนเจาะฝาปิดพีวีซีเป็นรูขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 2 รู โดยรูที่ 1 ด้านขวามือ ใช้เพื่อสอดท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ความยาว 40 เซนติเมตร เป็นท่อน้ำเข้า โดยปลายด้านบนต่อกับข้องอพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ที่รับน้ำมาจากท่อน้ำออกของส่วน heterotroph chamber

รูที่ 2 บนฝาปิดพีวีซีใช้สอดท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ความยาว 10 เซนติเมตร ที่ปลายด้านล่างของข้องอ ส่วนปลายด้านบนของข้องอต่อกับท่อพีวีซีความยาว 20 เซนติเมตร เพื่อนำน้ำออกจากส่วน denitrifying chamber ที่ 1 ไปยังรูน้ำเข้าของ denitrifying chamber ที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ ภายใน denitrifying chamber บรรจุไว้ด้วยตาข่ายไนลอนความหนา 5 เซนติเมตร ใยกรองความหนา 5 เซนติเมตร หินพัมมิสบดละเอียดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-5 มิลลิเมตร ความหนา 20 เซนติเมตร ใยกรองความหนา 5 เซนติเมตร และปิดท้ายด้วยตาข่ายพลาสติกความหนา 5 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นที่ยึดเกาะอาศัยของแบคทีเรียกลุ่ม denitrifying bacteria ที่สามารถย่อยสลายไนเตรทให้กลายเป็นแก๊สไนโตรเจน โดยใช้เอธิลแอลกอฮอล์เป็นแหล่งคาร์บอน ภายใต้สภาวะกึ่งสุญญากาศ ซึ่งจะมีผลให้ระดับไนเตรทที่สะสมในน้ำลดลงในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (< 50 มิลลิกรัม/ลิตร) (Figure 2)

Figure 2 Multichamber Denitrification Bioreactor; MDB

การจัดการทดลอง

ดำเนินการทดลองในระหว่าง เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนเมษายน 2560 ณ หมวดงานประมงน้ำจืด สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ระหว่างทดลองให้อาหารปลาที่มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 32 % วันละ 2 มื้อในเวลา 08.30 และ 16.30 น. โดยให้ปลากินอาหารจนอิ่ม (satiation) โดยปิดการทำงานของปั๊มน้ำทุกครั้งก่อนให้อาหารปลา ทำการล้างแผ่นใยกรองในถาดกรอง พร้อมทั้งดูดตะกอน และปรับปริมาตรน้ำในระบบให้คงที่ทุกวัน ใช้ระยะเวลาในการทดลองนาน 14 สัปดาห์

การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

การตรวจสอบค่าคุณภาพน้ำ

ตรวจสอบค่าคุณภาพน้ำในชุดถังทดลองระหว่างทำการทดลองทุกสัปดาห์ ได้แก่ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) และอุณหภูมิน้ำด้วยเครื่อง DO meter ของ Lutron PDO-519, ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ของ Lutron PH-222, ค่าความกระด้าง (total hardness), ค่าความเป็นด่าง (total alkalinity), ค่าแอมโนเนียในน้ำ (NH_3), ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen), ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (nitrate-nitrogen) ตามวิธีการของ Boyd, 1990 และค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (EC) ด้วยเครื่อง Lutron PCD-431 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยนำข้อมูลในแต่ละพารามิเตอร์มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple rang test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การเจริญเติบโตของปลาหมอ

ทำการชั่งน้ำหนักปลาด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง และวัดความยาว ทุก 2 สัปดาห์ โดยงดให้อาหารปลา 1 วันก่อนชั่ง นำข้อมูลน้ำหนักปลา ความยาว น้ำหนักอาหารที่กินมาคำนวณ เพื่อประเมินการเจริญ

เติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตรารอดของปลาในแต่ละชุดการทดลอง ตามวิธีของ Halver (1972) ได้แก่ น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Weight Gain: WG), น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มต่อวัน (Average Daily Gain: ADG), ความยาวเฉลี่ย (Average Total length: ATL), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate: SGR%) และอัตรารอด (Survival Rate: SR%) วิเคราะห์ผลการทดลองโดยนำข้อมูลในแต่ละพารามิเตอร์มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple rang test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษา

ค่าคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงระหว่างการทดลอง ค่าคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลาระหว่างการทดลองตลอดทั้ง 14 สัปดาห์ พบว่าอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมต่อการเติบโตของปลาหมอทดลอง โดยพบว่าค่าคุณภาพน้ำในชุดการทดลอง RAT + MDB มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) สูงกว่าเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กับชุดการทดลองควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.93 ± 0.08 และ 5.89 ± 0.10 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าคุณภาพน้ำในกลุ่มสารอินทรีย์ไนโตรเจน พบว่าในชุดการทดลอง RAT+ MDB มีค่าปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทต่ำกว่า ชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04±0.00, 0.28 ± 0.00 และ 6.67 ± 0.90 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (**Table 1**) ในขณะที่ค่าคุณภาพน้ำทางกายภาพที่ประกอบด้วย ความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ และค่าศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน พบว่าชุดการทดลอง RAT + MDB มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม ส่วนค่าของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด พบว่าชุดการทดลองควบคุม มีค่าสูงกว่าชุดการทดลอง RAT + MDB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 167.25 ± 42.27 มิลลิกรัม/ลิตร (**Table 1**) ในระหว่างการทดลองทำการตรวจวัดปริมาณไนเตรทในน้ำเลี้ยงปลาหมอทุก 2 สัปดาห์ตลอดระยะเวลาของการทดลอง 14 สัปดาห์ พบว่าปริมาณไนเตรทในชุดการทดลอง RAT + MDB มีปริมาณต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลาของการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยในชุดการทดลอง RAT + MDB ที่ 6.67 ± 0.90 มิลลิกรัม/ลิตร และในชุดการทดลองควบคุมที่ 23.28 ± 3.81 มิลลิกรัม/ลิตร (**Figure 3**) โดยพบว่า ในช่วงท้ายของการทดลองตั้งแต่สัปดาห์ 10 เป็นต้นไป เริ่มมีการสะสมของไนเตรทเพิ่มมากขึ้นในระบบการเลี้ยงของชุดการทดลองควบคุม แต่ขณะที่ชุดการทดลอง RAT + MDB มีการสะสมของไนเตรทในน้ำเลี้ยงปลาหมอทดลองในระดับต่ำ (< 10 มิลลิกรัม/ลิตร) แสดงให้เห็นว่า ชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่องสามารถควบคุมปริมาณไนเตรทในน้ำที่เลี้ยงปลาหมอให้อยู่ในระดับต่ำได้

Table 1 Water quality in Control treatment and RAT + MDB treatment of 14 weeks

Water quality parameters	Treatments[1/]		
	Control (T1)	RAT + MDB (T2)	P-value
ammonia (mg/L)	0.26 ± 0.05a	0.04 ± 0.00b	0.0002
nitrite (mg/L)	0.58 ± 0.13a	0.28 ± 0.00b	0.0038
nitrate (mg/L)	23.28 ± 3.81a	6.67 ± 0.90b	0.0001
DO (mg/L)[ns2/]	5.89 ± 0.08	5.93 ± 0.10	0.4835
pH	7.54 ± 0.05b	7.90 ± 0.01a	0.0001
temperature (°C)	25.54 ± 0.09b	25.83 ± 0.04a	0.0015
TDS (mg/L)	167.25 ± 42.27a	124.59 ± 22.39b	0.0001
Electoconductivity (mV)	6.90 ± 14.65b	50.42 ± 9.32a	0.0024

[1/] The different subscript letters in each row are significantly different ($P < 0.05$) Mean ± SEM

[2/] The letter [ns] are not significantly different ($P > 0.05$)

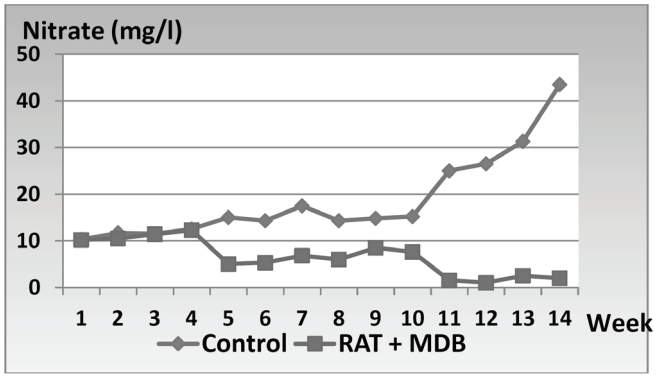

Figure 3 Nitrate in control treatment and RAT + MDB treatment during 14 weeks of climbing perch culture

การเจริญเติบโตและอัตรารอดตาย

จากการสังเกตพฤติกรรมและลักษณะภายนอกของปลาหมอทดลอง พบว่าปลาทุกหน่วยทดลองมีการกินอาหาร พฤติกรรมที่แสดงออก และลักษณะภายนอกที่เป็นปกติ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 14 พบว่า ปลาหมอที่เลี้ยงในชุดการทดลอง RAT + MDB มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ สูงกว่าปลาหมอที่เลี้ยงในชุดการทดลองควบคุม โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (**Table 2**) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.80 ± 4.46 กรัม/ตัว, 26.97 ± 0.61 กรัม/ตัว, 0.28 + 0.08 กรัม/ตัว/วัน และ1.04+0.03 %/วัน ตามลำดับ ส่วนค่าความยาวสุดท้าย ความยาวเพิ่ม อัตราการแลกเนื้อ และค่าอัตราการรอดตายพบว่า ทั้งสองชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่า ค่าอัตราการแลกเนื้อในชุดการทดลอง RAT + MDB มีแนวโน้มดีกว่าในชุดการทดลองควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.25 ± 0.18 และ 2.42 ± 0.13 ตามลำดับ (**Table 2**)

Table 2 Growth performance and survival rate for Climbing Perch (*Anabas testudineus*) grow in Control and RAT + MDB treatments of 14 weeks

Growth parameters	Treatments[1/]		
	Control (T1)	RAT + MDB (T2)	P-value
Initial weight (g/f)[ns 2/]	1.83±0.00	1.83±0.00	0.0179
final weight (g/f)	14.63±3.95b	28.80±4.46a	0.0051
Initial length (cm)[ns]	2.78±0.33	2.63±0.33	0.7725
final length (cm)[ns]	13.68±1.02	14.90±0.24	0.0662
weight gain (g/f)	12.80±0.29b	26.97±0.61a	0.0047
length gain (cm)[ns]	10.90±1.07	12.27±0.40	0.1031
average daily gain (g/f/d)	0.13±0.03b	0.28±0.08a	0.0047
specific growth rate(%/d)	0.52±0.06b	1.04±0.03a	0.0025
feed conversion ratio[ns]	2.42±0.13	2.25±0.18	0.1154
survival rate (%)[ns]	100.0±0.0	100.0±0.0	0.2992

[1/] The different subscript letters in each row are significantly different ($P < 0.05$) Mean ± SEM

[2/] The letter [ns] are not significantly different ($P > 0.05$)

วิจารณ์

จากการศึกษาทดลองประสิทธิภาพของชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนประกอบอุปกรณ์กำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง (RAT + MDB) เปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุม (Control) ในการเลี้ยงปลาหมอ พบว่า การประกอบอุปกรณ์กำจัดไนเตรทฯ ระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่องในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนมีผลให้ค่าคุณภาพน้ำโดยเฉพาะในกลุ่มสารอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งประกอบด้วย ค่าแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทมีค่าต่ำกว่าชุดถังทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะค่าแอมโมเนียที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.26 มิลลิกรัม/ลิตร สอดคล้องกับรายงานของ MacIntrye et al. (2008) ที่ระบุว่าค่ามาตรฐานความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำเมื่อวัดในรูปของแอมโมเนียรวมที่อยู่ในช่วงระหว่าง 1.0-1.2 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ยังมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ ปฐมพงษ์ และคณะ (2555) ที่ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียน ที่มีค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.059-0.13 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนค่าไนไตรท์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.28 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากมีปริมาณแอมโมเนียสะสมเริ่มต้นต่ำกว่า และมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงกว่าทำให้มีประสิทธิภาพในการ nitrification ที่ช่วยให้ลดความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรท์ที่ลงได้มากขึ้นอีกด้วย (Popma and Lovshin, 1996) แต่ยังมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ ชลฤทัย และคณะ (2554) ที่ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิด ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.07-0.20 มิลลิกรัม/ลิตร

ค่าไนเตรทในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนประกอบอุปกรณ์กำจัดไนเตรทฯ (RAT + MDB) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.67 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งต่ำกว่าในชุดถังทดลองควบคุม (Control) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.28 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงว่า ชุดอุปกรณ์กำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่องสามารถควบคุมปริมาณไนเตรทที่สะสมในน้ำจากการเพาะเลี้ยงปลาหมอให้อยู่ในระดับต่ำ (**Figure 1**) ตลอดช่วงเวลาของการเลี้ยงระยะเวลา 14 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทที่ได้จากการทดลองสอดคล้องตามรายงานของ สรวิศ และเปี่ยมศักดิ์ (2550) รายงานว่าไนเตรทเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน และไม่ควรมีการสะสมของ ไนเตรทสูงกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร เพราะแม้ว่าความเข้มข้นในระดับนี้อาจไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำหลายชนิด แต่อาจส่งผลต่อสภาวะความเครียด สัตว์น้ำอ่อนแอลง และแสดงอาการป่วยได้ และเมื่อเปรียบปริมาณไนเตรทเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ 2 (RAT + MDB) กับการรายงานของ ชลฤทัย และคณะ (2554) ที่ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิด พบว่ามีค่าปริมาณไนเตรทเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.69-5.76 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน หากพิจารณาปริมาณไนเตรทจากทั้ง 2 ชุดการทดลอง (**Figure 1**) จะเห็นว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 เป็นต้นไป ปริมาณไนเตรทของชุดถังทดลองควบคุม (Control) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากปลาหมอที่เลี้ยงมีขนาดใหญ่มากขึ้น ปริมาณอาหารที่กินและของเสียที่เกิดขึ้นเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการสะสมของปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น และเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยา คือ ไนเตรท และมีแนวโน้มว่าจะสูงเกินกว่าระดับที่จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (มากกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร) แต่ในขณะที่ชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนประกอบอุปกรณ์กำจัดไนเตรทฯ (RAT + MDB) สามารถควบคุมปริมาณไนเตรทที่สะสมในน้ำให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 10 มิลลิกรัม/ลิตร ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 ของการทดลอง

ด้านค่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตพบว่า ปลาหมอทดลองที่เลี้ยงในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนประกอบอุปกรณ์กำจัดไนเตรทฯ (RAT + MDB) มีค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีกว่าการเลี้ยงโดยใช้ชุดการทดลองควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัย สนธิพันธ์ และไพรัตน์ (2558) ที่รายงานว่า ปลานิลแดงที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนมีแนวโน้มเติบโตด้านน้ำหนักดีขึ้น และมีอัตราแลกเนื้อลดลง (1.38) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ ชลฤทัย และคณะ (2554) ที่ทดลองเลี้ยงปลาบู่ทรายในระบบปิดให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต คุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาบู่ทดลอง แสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงปลาหมอในชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนประกอบอุปกรณ์กำจัด

ไนเตรทฯ (RAT + MDB) ระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่องส่งผลให้ปลาหมอเติบโตได้ดีกว่าการเลี้ยงในชุดถังทดลองควบคุม

สรุป

ชุดถังเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียนที่ติดตั้งชุดกำจัดไนเตรทระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบหลายช่อง(RAT + MDB) สามารถควบคุมระดับไนเตรทในน้ำให้มีระดับต่ำ ซึ่งส่งผลให้ปลาหมอที่เลี้ยงในชุดการทดลอง RAT + MDB มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

ขวัญชัย กุลสันติธำรง. 2553. การออกแบบระบบน้ำหมุนเวียน (Reclaim Water). แหล่งข้อมูล: http://thailandindustry.com. ค้นเมื่อ 18 มกราคม 2559.

ชลฤทัย พิญเดช, ประจวบ ฉายบุ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และฐปน ชื่นบาล. 2554. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาบู่ทรายระบบปิด. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 5: 27-37.

ปฐมพงษ์ กาศสกุล, ประจวบ ฉายบุ, ชนกันต์ จิตมนัส และเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2557. ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิกส์. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 8: 23-32.

สนธิพันธ์ ผาสุกดี และ ไพรัตน์ ก่อสุธารัตน์. 2558. การพัฒนาต้นแบบระบบเลี้ยงปลานิลแดงแบบหนาแน่นในระบบน้ำหมุนเวียน. กองวิจัยประมงน้ำจืด. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สรวิศ เผ่าทองศุข และ เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2550. การเลี้ยงกุ้งในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดในโรงเรือน. ใน:เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง นวัตกรรมและทิศทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบหมุนเวียนแบบปิดในประเทศไทย จัดโดยสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุจินต์ โรจนพิทักษ์. 2550. การเลี้ยงปลาหมอ. เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

สุทธิชัย ปทุมล่องทอง. 2545. การเลี้ยงปลาน้ำจืด. สำนักพิมพ์น้ำฝน จำกัด, กรุงเทพฯ.

Boyd, C. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Co., Alabama.

Crab, R., Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier, and W. Verstraete. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Aquaculture. 270: 1-14.

Delanghe B., F. Nakamura, H. Myoga, Y. Magara, and E. Guibal. 1994. Drinking water denitrification in a membrane bioreactor. Water. Sci.Technol. 30: 157-160.

Halver,J.E. 1972. In Fish Nutrition. pp. 651. In: J.E. Halver, Editor. Academic Press, New York.

MacIntyre, C.M., T. Ellis, B.P. North, and J.F. Turnbull. 2008. The influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: a review; In Fish welfare. Blackwell Publishing Ltd., Singapore.

Popma, T.J., and L.L. Lovshin. 1996. World wide prospects for commercial production of tilapia. In: Research and Development series No. 41. International Center for Aquatic Environments. Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama.

Pujol, R., M. Hamon, X. Kendel, and l H. Lemme. 1994. Biofilters: flexible, reliable biological reactors. Wat. Sci. Tech. 29: 33–38.