

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาน้ำจืดในระบบปิด

Comparison of growth and water quality in marble goby (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker, 1852) closed system culture

ชลฤทัย พิญเทศ¹ ประจวบ ฉายบุญ² เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน² และ ฐปน ชื่นบาล³

¹นิสิตปริญญาโทคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

²อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

³อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

การเลี้ยงปลาน้ำจืดในระบบปิดที่ระดับความหนาแน่นต่าง ๆ โดยใช้วัสดุตัวกลางที่ต่างกันในการบำบัดน้ำ ได้ผลดังนี้ การเลี้ยงปลาน้ำจืดที่ระดับความหนาแน่น 6, 10 และ 14 ตัว/ตารางเมตร ร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรงแสงและเนื้อฉนวน เมื่อสิ้นสุดระยะการเลี้ยง 70 วัน พบว่าระดับความหนาแน่น 14 ตัว/ตารางเมตร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การเลี้ยงที่ความหนาแน่น 14 ตัว/ตารางเมตร มีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด (0.29 กรัม/วัน) ส่วนชนิดของวัสดุตัวกลางไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่าการเลี้ยงในความหนาแน่น 14 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรงแสงมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดเท่ากับ 0.31 กรัม/วัน ส่วนคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลาทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำที่มีวัสดุตัวกลางคือ ไบโอบอล, ตาข่ายพรงแสง และเนื้อฉนวน สามารถลดแอมโมเนียได้เฉลี่ย 14.23%, 26.47% และ 20.97% ตามลำดับ ลดไนเตรทได้เฉลี่ย 14.84%, 27.28% และ 17.89 ตามลำดับ ลดไนโตรเจนได้เฉลี่ย 22.69%, 24.75% และ 20.12% ตามลำดับ ลดของแข็งแขวนลอยได้เฉลี่ย 14.34%, 16.25% และ 16.58% ตามลำดับ สรุปได้ว่าการเลี้ยงปลาน้ำจืดที่ความหนาแน่น 14 ตัว/ตารางเมตร ในระบบปิดดีที่สุดและวัสดุตัวกลางตาข่ายพรงแสงมีประสิทธิภาพในการช่วยบำบัดน้ำที่ดีที่สุด

คำสำคัญ : ปลาน้ำจืด (*Oxyeleotris marmoratus*) การเลี้ยงระบบปิด อัตราการเจริญเติบโต คุณภาพน้ำ

Abstract

Effects of stocking density and supporting media used in water treatment for marble goby (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker, 1852) closed system culture were studied. Three stocking densities including 6, 10 and 14 fishes/m² with using bio-ball, shading net (slan) and net media in water treatment were used. The experiments were taken for 70 days. The treatment of 14 fishes/m² was significant differences ($P < 0.05$) in average daily gain of marble goby. It trended to provide the highest average daily gain (0.29 g/day). There were no significant differences in growth rate of marble goby raised in closed system ($P > 0.05$) with different supporting media. But the treatment of 14 fishes/m² with shading net media trended to gain the highest weight (0.31 g/d). It was not significantly different in the water quality in fish rearing tanks ($P > 0.05$). The ammonia removal efficiency of bio-ball, shading net and net media were 14.23%, 26.47% and 20.97% respectively; nitrite removal efficiency were 14.84%, 27.28% and 17.89% respectively; nitrate removal efficiency were 22.69%, 24.75% and 20.12% respectively; suspended solids removal efficiency were 14.34%, 16.25% and 16.58% respectively. It could be concluded that the 14 fishes/m² marble goby culture gained the best growth and shading net media performed better water treatment efficiency than bio-ball and net media

Keywords: marble goby *Oxyeleotris marmoratus*, closed system culture, average daily gain, water quality

คำนำ

ปลาน้ำจืด *Oxyeleotris marmoratus* (Bleeker, 1852) เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (Kongmak, 2542) ความต้องการปลาน้ำจืดมีเพิ่มมากขึ้นทุกปีเป็นผลให้ปลาน้ำจืดมีราคาแพงขึ้น จึงมีเทคนิคต่างๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตปลาน้ำจืดให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด รูปแบบการเลี้ยงปลาน้ำจืดมีทั้งการเลี้ยงในกระชังและในบ่อดิน สำหรับปัญหาที่พบในการเลี้ยงปลาน้ำจืดมีดังนี้คือการเจริญเติบโตช้า อัตราการตายสูง ไม่กินอาหารสำเร็จรูป ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ ปัญหาการติดเชื้อซึ่งมีสาเหตุจาก *Aeromonas hydrophila* และ *Lernaea cyprinacea* (Cheah et al., 1994; Lin and Kaewpaitoon, 2000)

การพัฒนากระบวนการเลี้ยงเป็นการเลี้ยงระบบปิดจะสามารถเพิ่มผลผลิต ป้องกันการติดโรค ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงและควบคุมคุณภาพน้ำได้ (Su Shiung Lam et al., 2007) ซึ่งน่าจะเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาระบบปิดจะมีข้อเสียเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกวัน ทำให้ประสบปัญหาแอมโมเนียสะสมในระดับความเข้มข้นสูง โดยสาเหตุเกิดจาก

การให้อาหารในปริมาณมาก การขับถ่ายของปลา และการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารที่เหลือจากเบคทีเรียภายในบ่อเลี้ยง ของเสียเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่จนถึงระดับหนึ่งจะเกิดความเป็นพิษต่อปลา การกำจัดของเสียขั้นต้นสามารถทำได้โดยการกรองทางกายภาพ ส่วนของเสียที่ผ่านการกรองกายภาพจะถูกย่อยสลายผ่านกระบวนการแอมโมนิฟิเคชันและไนตริฟิเคชันด้วยจุลินทรีย์ เกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจน เช่นแอมโมเนียและไนไตรท์ ด้วยเหตุนี้การเลี้ยงปลาในระบบปิดจึงจำเป็นต้องมีการบำบัดและหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลาบู่ทรายที่เลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางต่างๆ และศึกษาชนิดของวัสดุตัวกลางที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำที่ดีที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ปลาและการปรับสภาพปลา

นำปลาบู่ทรายคละเพศขนาดน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 41.01- 67.95 กรัม ซึ่งรวบรวมจากธรรมชาติ นำปลามาพักในบ่อซีเมนต์ขนาด 0.5 × 1 × 0.5 เมตร ฝึกให้กินอาหารสำเร็จรูป โดยเป็นอาหารบดให้ละเอียดผสมน้ำ (โปรตีน 38.36% ไขมัน 2.99%) ให้อาหาร 1 มื้อ วันเว้นวัน จนกว่าปลาจะกินอาหารเป็นก่อนเริ่มการทดลองซึ่งน้ำหนักและวัดความยาว

2. การเตรียมระบบน้ำหมุนเวียน

ถังกรองจะบรรจุวัสดุตัวกลางที่แตกต่างกัน โดยใช้กล่องพลาสติกขนาด 35 × 47 × 27 เซนติเมตร แบ่งครึ่งโดยด้านหนึ่งบรรจุวัสดุตัวกลาง ปริมาตรระบบบำบัด 8.5 ลิตร อัตราการไหลของน้ำผ่านตัวกรอง 9.5 ลิตร / นาที แบ่งชุดการทดลองออกเป็น

ชุดที่ 1 วัสดุตัวกลางโอบอล 182 ลูก พื้นที่ผิวสัมผัส 1.63 m² และมีใยแก้ววางด้านบนเพื่อกรองตะกอนแขวนลอย อีกด้านหนึ่งจะเป็นส่วนของที่พักน้ำ โดยจะใช้ปั๊มสูบน้ำจากถังเลี้ยงเข้าระบบกรองและให้น้ำไหลออกจากระบบกรองโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

ชุดที่ 2 วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสง 80% ขนาด 34×60 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น พื้นที่ผิวสัมผัส 1.84 m² และมีใยแก้ววางด้านบนเช่นเดียวกับไปโอบอล

ชุดที่ 3 ถังกรองจะบรรจุวัสดุตัวกลางเนื้ออ่อน ขนาด 30 × 60 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น พื้นที่ผิวสัมผัส 1.78 m² และมีใยแก้ววางด้านบนเช่นเดียวกับไปโอบอลและตาข่ายกรองแสง

3. การเตรียมถังเลี้ยงและการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียน

ถังเลี้ยงปลาจะใช้ถังเปลาขนาดบรรจุน้ำ 135 ลิตร เติมน้ำ 85 ลิตร ปล่อยให้ระบบทำงานก่อน 5 วัน แล้วจึงปล่อยปลาในความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 6 10 และ 14 ตัว/ตารางเมตร ใช้วัสดุตัวกลางที่

แตกต่างกัน คือไปโอบอล ตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวน โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial 3×3 แบ่งการทดลองออกเป็น 9 หน่วยการทดลอง การทดลองละ 2 ซ้ำ ให้อาหาร 1 มื้อ ให้ปลากินจนอิ่ม ให้อาหารวันเว้นวัน

4. ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาน้ำจืดในระบบปิด

ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาน้ำจืด โดยการเก็บตัวอย่างน้ำจากถังเลี้ยงและระบบกรอง เพื่อตรวจสอบ pH อุณหภูมิ DO ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท ฟอสฟอรัส และ Total solids (Maimansomsuk, n.d.; Traichaiyaporn, 2543; Pipoppinyo and Somboonchai, n.d.) โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 14 วัน เวลา 08.00 น. แล้วนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

5. ศึกษาการเจริญเติบโต

ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาทุกๆ 14 วัน และจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ปลาในแต่ละมื้อ เพื่อประเมิน อัตราการเจริญเติบโต (ADG), น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Mean Weight Gain)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของตัวแปรโดยนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง โดย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืด

จากการทดลองเลี้ยงปลาน้ำจืดความหนาแน่นที่แตกต่างกันในระบบปิด พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 6, 10 และ 14 ตัว/ตารางเมตร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัว/ตารางเมตร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเท่ากับ 0.29 กรัม/วัน รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 10 ตัว/ตารางเมตร เท่ากับ 0.26 กรัม/วัน และระดับความหนาแน่น 6 ตัว/ตารางเมตร เท่ากับ 0.23 กรัม/วัน ตามลำดับ ส่วนปัจจัยของชนิดวัสดุตัวกลางไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การเลี้ยงร่วมกับการใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงและวัสดุตัวกลางเนื้ออวน มีแนวโน้มให้อัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเท่ากับ 0.26 และ 0.26 กรัม/วัน ตามลำดับ รองลงมาคือวัสดุตัวกลางไปโอบอล เท่ากับ 0.25 กรัม/วัน (ตารางที่ 1)

ส่วนความสัมพันธ์ระดับความหนาแน่นและชนิดของวัสดุตัวกลางต่ออัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า การเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 21.61 ± 2.94 กรัม รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 10 ตัว/ตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนและการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 14 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้วัสดุตัวกลางเนื้ออวนเท่ากับ 19.69 ± 2.16 และ 19.64 ± 1.05 กรัม

ตามลำดับ (ตารางที่ 1) สำหรับการทดลองเลี้ยงปลาในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกันแล้วทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) นั้น Vijayan and Leatherland (1988) ได้กล่าวว่าอัตราความหนาแน่นที่ทดลองเลี้ยงนั้นยังไม่ทำให้ปลาเกิดความเครียดที่เรียกว่า chronic crowding stress ซึ่งความเครียดดังกล่าว เมื่อเกิดขึ้นแล้ว จะส่งผลให้ปลาเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและการดำรงชีวิตที่ผิดปกติไป

Table 1 Average daily growth (ADG) and average weight increase of marble goby (*Oxyeleotris marmoratus*) in closed system culture with different stocking densities and supporting media used in water treatment

Factors		Growth	
		ADG(g/d)	average weight increase (g)
stocking densities (fish/m ²)			
	6	0.23 ^a	16.07±1.51 ^a
	10	0.26 ^{ab}	17.86±2.01 ^{ab}
	14	0.29 ^b	19.86±2.27 ^b
supporting media			
	bio-ball	0.25	17.37±1.65
	shading net (slan)	0.26	18.47±2.98
	net	0.26	18.01±2.78
stocking densities	supporting media		
6	bio-ball	0.24 ^{bc}	17.30±2.02 ^{bc}
6	shading net (slan)	0.23 ^c	16.20±0.71 ^{bc}
6	net	0.22 ^c	14.72±0.36 ^c
10	bio-ball	0.23 ^c	16.29±0.53 ^{bc}
10	shading net (slan)	0.25 ^{bc}	17.60±1.05 ^{abc}
10	net	0.28 ^{ab}	19.69±2.16 ^{ab}
14	bio-ball	0.26 ^{bc}	18.33±2.27 ^{abc}
14	shading net (slan)	0.31 ^a	21.61±2.94 ^a
14	net	0.28 ^b	19.64±1.05 ^{ab}

Different letters in the same column indicate significant different ($p < 0.05$).

2. การศึกษาคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลา

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลาทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อนำค่าของคุณภาพน้ำที่ได้จากการทดลองนี้เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากรายงานของ Mohammad and Emmanuel (2001) ศึกษาผลของวัสดุตัวกลางต่อคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพทางชีวภาพของปลานิลที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนจะพบว่าคุณภาพน้ำแต่ละตัวในถังเลี้ยงปลานี้อยู่ในเกณฑ์ดีและอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ส่วนชนิดของวัสดุตัวกลางไม่มีผลทำให้คุณภาพน้ำในถังเลี้ยงปลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงจากทั้งสองปัจจัยมีความใกล้เคียงกัน กล่าวคือ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำโดยทั่วไป

ความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียในถังเลี้ยงปลาทุกรายนี้ทุกชุดการทดลองอยู่ในระดับต่ำกว่า 0.3 mg/l ซึ่งจะไม่เป็นอันตรายต่อปลา โดยจากรายงานของ Leclercq and Hopkins (1985) ที่ศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลแบบหมุนเวียนน้ำ พบว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียจะอยู่ในช่วง 0.6-0.7 mg/l ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าระดับที่เป็นอันตรายถึงตาย (48 ชั่วโมง- LC_{50}) เท่ากับ 2.4 mg/l โดยค่านี้เป็นค่าที่ได้จากรายงานของ Redner and Stickney (1979) ที่กล่าวไว้ในปลา *Oreochromis aureus*

ส่วนความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์อยู่ในระดับต่ำกว่า 0.15 mg/l ซึ่งไม่มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของปลาทุกราย (ตารางที่ 2) ไนไตรท์และไนเตรท เป็นผลผลิตของแอมโมเนียออกซิเดชัน Ebeling *et al.* (1993) รายงานว่าความเข้มข้นของไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรจะมีไม่เกิน 0.5 mg/l ส่วน Nootong (2551) กล่าวว่าไนไตรท์หากมีการสะสมในบ่อเลี้ยงมากกว่า 1 mg N/L จะทำให้ความสามารถในการรับออกซิเจนของสัตว์น้ำต่ำกว่าปกติ ซึ่งจะมีผลเสียมากหากสภาพภายในบ่อเลี้ยงมีออกซิเจนต่ำและอุณหภูมิสูง ในด้านของไนเตรทส่วนใหญ่ไม่เป็นปัญหาใหญ่ต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความสามารถในการต้านความเข้มข้นของไนเตรทจะสูงมาก (มากกว่า 100 mg/l) Midlen and Redding (1998) กล่าวว่าระดับไนเตรทที่มากกว่า 100 mg/l จะกลายเป็นพิษต่อปลาส่วนใหญ่

ความเข้มข้นเฉลี่ยของ DO ในการศึกษานี้จะสูงซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.85-7.87 mg/l ซึ่งเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาและระดับนี้ยังเหมาะสมเพียงพอสำหรับการขยายตัวของแบคทีเรีย และมีประสิทธิภาพในการ nitrification ที่ช่วยให้ลดความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรท์ที่ความเข้มข้นสูงได้อีกด้วย (Popma and Lovshin, 1996) Colt (2006) กล่าวว่าในบ่อเลี้ยงปลาควรมี DO อย่างน้อย 3-3.5 mg/l

3. การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดทางชีวภาพ

ระบบบำบัดทางชีวภาพที่มีวัสดุตัวกลางไบโอบอลในการเลี้ยงปลาทุกรายที่ระดับความหนาแน่น 6, 10 และ 14 ตัว/ตารางเมตร จากตารางที่ 3 พบว่าสามารถบำบัดแอมโมเนียได้เท่ากับ 16.19%, 8.27% และ 18.24% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงสามารถบำบัดแอมโมเนียได้เท่ากับ 27.88%, 25.30% และ 26.24% ตามลำดับ และวัสดุตัวกลางเนื้ออ่อนสามารถบำบัดแอมโมเนียได้เท่ากับ 21.58%, 21.23% และ

20.10% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางไบโอบอลสามารถบำบัดไนโตรที่ได้เท่ากับ 15.59%, 16.14% และ 12.78% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงสามารถบำบัดไนโตรที่ได้เท่ากับ 24.88%, 32.71% และ 24.24% ตามลำดับ และวัสดุตัวกลางเนื้ออวนสามารถบำบัดไนโตรที่ได้เท่ากับ 19.91%, 17.06% และ 16.69% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางไบโอบอลสามารถบำบัดไนโตรได้เท่ากับ 22.71%, 23.20% และ 22.17% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงสามารถบำบัดไนโตรได้เท่ากับ 22.81%, 24.72% และ 26.72% ตามลำดับ และ วัสดุตัวกลางเนื้ออวนสามารถบำบัดไนโตรได้เท่ากับ 20.88%, 20.73% และ 18.75% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางไบโอบอลสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้เท่ากับ 15.76%, 11.82% และ 15.43% ตามลำดับ วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้เท่ากับ 18.62%, 13.65% และ 16.49% ตามลำดับ และวัสดุตัวกลางเนื้ออวนสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้เท่ากับ 18.87%, 17.31% และ 13.57% ตามลำดับ โดยเฉลี่ยระบบบำบัดทางชีวภาพที่มีวัสดุตัวกลางไบโอบอล ตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวนสามารถบำบัดแอมโมเนียได้เท่ากับ 14.23%, 26.47% และ 20.97% ตามลำดับ สามารถบำบัดไนโตรที่ได้เท่ากับ 14.84%, 27.28% และ 17.89 ตามลำดับ สามารถบำบัดไนโตรเฉลี่ย 22.69%, 24.75% และ 20.12% ตามลำดับ สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย 14.34%, 16.25% และ 16.58% ตามลำดับ

Timmonas *et al.* (2002) กล่าวว่ากระบวนการบำบัดทางชีวภาพทำงานโดยแบคทีเรียที่อยู่บนพื้นผิวของวัสดุตัวกลางที่ให้แบคทีเรียเกาะ ซึ่งแสดงโดยพื้นที่ผิว ถ้าพื้นที่ผิวจำเพาะสูง แสดงว่าระบบนั้นมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง อย่างไรก็ตามค่านี้ต้องมีความเหมาะสมเนื่องจากถ้าค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงเกินไปน้ำจะไหลผ่านไม่มีตะกอนมาเกาะได้ง่าย จากค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีพื้นที่ผิวให้แบคทีเรียเกาะได้มากกว่าวัสดุตัวกลางเนื้ออวนและวัสดุตัวกลางไบโอบอลจึงส่งผลให้วัสดุตัวกลางตาข่ายพรางแสงมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่า

การเลี้ยงปลาในระบบปิดแบบน้ำหมุนเวียนของเสียส่วนใหญ่เกิดขึ้นในรูปของตะกอน (Chaiyakam and Predalampaburt, 2549) Hopkin and Mancini (1989) ศึกษาพบว่าอาหารปลาที่ให้ปลากินในที่สุด 80% จะถูกขับถ่ายออกมาในรูปตะกอน (Weston *et al.*, 1996) ซึ่งสามารถวัดได้ในรูปของสารแขวนลอย การกำจัดตะกอนออกจากระบบน้ำหมุนเวียนเป็นกระบวนการที่สำคัญในการกำจัดของเสียออกจากระบบ ทำให้ตะกอนไม่ไปทับถมที่วัสดุกรอง ในการทดลองครั้งนี้ตะกอนขนาดใหญ่จะตกบริเวณใยก้น ส่วนตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กจะไหลผ่านวัสดุตัวกลางซึ่งตะกอนบางส่วนจะไปสะสมอยู่ที่วัสดุตัวกลางทำให้วัสดุกรองเป็นที่สะสมของตะกอนส่งผลให้ประสิทธิภาพของวัสดุกรองลดลง

จากการสังเกตจะพบการอุดตันของวัสดุกรองซึ่งมีตะกอนเกาะอยู่ที่วัสดุกรองทั้ง 3 มีปริมาณตะกอนที่เกาะอยู่มากหรือน้อยไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากรูปร่างที่เป็นตาข่ายของตาข่ายพรางแสงและเนื้ออวนจึงทำให้มีตะกอนเกาะอยู่มากกว่า

Table 2 Water quality in marble goby (*Oxyeleotris marmoratus*) closed system culture

parameter	stocking densities (fish/m ²)								
	6			10			14		
	bio-ball	shading net	net	bio-ball	shading net	net	bio-ball	shading net	net
Temperature (°C)	27.04±0.47	27.25±0.45	27.17±0.60	27.23±0.45	27.29±0.48	27.25±0.47	27.17±0.54	27.33±0.55	27.13±0.55
DO (mg/l)	7.38±0.22	7.47±0.12	7.20±0.09	7.40±0.26	7.08±0.21	7.20±0.12	7.05±0.43	6.85±0.21	7.32±0.30
pH	6.90±0.37	6.81±0.19	6.70±0.21	6.76±0.22	6.79±0.17	6.85±0.17	6.74±0.20	6.80±0.17	6.76±0.22
Alkalinity (mg/l)	77.58±8.62	75.58±8.39	77.00±8.19	71.17±8.86	77.00±8.49	74.16±8.50	75.75±8.53	76.17±8.38	73.25±9.00
Ammonia (mg/l)	0.12±0.04	0.14±0.05	0.12±0.04	0.29±0.08	0.24±0.06	0.22±0.07	0.29±0.09	0.26±0.08	0.23±0.06
Nitrite (mg/l)	0.10±0.03	0.09±0.03	0.08±0.02	0.13±0.05	0.12±0.05	0.12±0.05	0.15±0.05	0.13±0.05	0.12±0.05
Nitrate (mg/l)	2.74±1.05	3.25±1.18	3.53±1.28	3.24±1.19	3.42±1.21	4.04±1.54	3.33±1.19	4.18±1.58	4.00±1.33
Phosphorus (mg/l)	0.77±0.29	0.83±0.32	0.88±0.38	0.96±0.33	0.92±0.31	0.94±0.32	0.90±0.31	0.89±0.29	0.92±0.31
TSS(mg/l)	407.31±82.24	397.14±74.69	470.55±94.49	454.80±104.81	426.94±85.02	471.81±97.28	502.11±120.27	481.82±111.12	484.92±103.59
SS(mg/l)	21.57±6.93	18.37±6.62	18.77±5.62	20.12±5.71	18.32±5.42	18.42±5.26	19.32±5.46	18.12±5.52	19.14±6.19
TDS(mg/l)	394.44±87.75	377.73±92.38	358.42±108.18	443.72±110.16	406.39±92.28	402.65±89.01	475.47±112.02	442.93±105.06	447.39±103.75

Different letters in the same column indicate significant different (p<0.05).

Table 3 The water treatment efficiency of bio-ball, shading net, and net media

Treatment efficiency (%)	supporting media		
	bio-ball	shading net	net
Ammonia removal efficiency			
6 fish/m ²	16.19	27.88	21.58
10 fish/m ²	8.27	25.24	21.23
14 fish/m ²	18.24	26.24	20.10
Nitrite removal efficiency			
6 fish/m ²	15.59	24.88	19.91
10 fish/m ²	16.14	32.71	17.06
14 fish/m ²	12.78	24.24	16.69
Nitrate removal efficiency			
6 fish/m ²	22.71	22.81	20.88
10 fish/m ²	23.20	24.72	20.73
14 fish/m ²	22.17	26.72	18.75
Suspended solid removal efficiency			
6 fish/m ²	15.76	18.62	18.87
10 fish/m ²	11.82	13.65	17.31
14 fish/m ²	15.43	16.49	13.57

สรุปผลการทดลอง

การเลี้ยงปลาน้ำจืดในความหนาแน่น 14 ตัว /ตารางเมตร เมตร ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองและอัตราการเจริญเติบโต คุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงปลาทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นรวมกับการใช้วัสดุตัวกลางต่างๆ ในถังเลี้ยงปลานี้อยู่ในเกณฑ์ดีและอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ โดยทั้งสองปัจจัยมีความใกล้เคียงกัน กล่าวคือ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำโดยทั่วไป ในส่วนของวัสดุตัวกลางจะพบว่าตาข่ายพรางแสงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำดีที่สุด เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ 2553 ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยภายใต้ งานวิจัยเรื่อง “แนวทางการผลิตปลาปู้ขนาด 300-600 กรัม เชิงพาณิชย์ในระบบหมุนเวียนน้ำเพื่อเป็นอาหาร ปลอดภัยในการส่งออก”

เอกสารอ้างอิง

- Chaiyakam, K., and Predalampaburt, Y. 2549. Grouper (*Epinephelus coioides*, Hamilton) culture in circulating aquaculture systems with two biological treatment. Thai Fisheries Gazette. 59: 409 – 416. [in Thai].
- Cheah, S.H., Senoo, S., Lam, S.Y., and Ang, K.J., 1994. Aquaculture of high-value freshwater fish in Malaysia: the marble or sand goby (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker). Naga ICLARMQ. 17(2): 22 – 25.
- Colt, J. 2006. Water quality requirement for reuse system. Aquacultural Engineering. 34: 143-156.
- Ebeling, J.M., Losordo, T.M. and Delong, D.P. 1993. Engineering design and performance of a model aquaculture recirculating system (MARS) for secondary school aquaculture education programs, In: Proceeding of the Aquaculture Engineering Conference, Spokane, Washington, USA. pp. 211-220.
- Hopkin, T.A., and Mancini W.E. 1989. Feed conversion; waste, and sustainable aquaculture; the fate of the feed. Aqua. Mag, (2): 30-36.
- Kongmak, N. 2542. Sand goby. 4th ed. Nontaburi. Thankaset Printing Press. 94 p. [in Thai].
- Leclercq, D.I., and Hopkins, K., 1985. Preliminary test of an aerated tank system for tilapia culture. Aquacult. Eng. 4, 229–304.
- Lin, C.K., and Kaewpaitoon, K., 2000. An overview of freshwater cage culture in Thailand. In: Liao, I.C., Lin, C.K. (Eds.), Cage Aquaculture in Asia; Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines and World Aquaculture Society Southeast Asian Chapter, Bangkok, Thailand, pp. 253-257.
- Maimansomsuk, P. n.d. Water analysis and water pollution. Industrial Department. p 10/1- 10/11. [in Thai].
- Midlen, A., and Redding, T., 1998. Environmental Management for Aquaculture. Chapman & Hall, New York, p. 223.

- Ridha, M.T., and Cruz, E.M. 2001. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. *Aquacultural Engineering* 24:157–166.
- Nootong, K. 2551. Nitrogen treatment in closed-system aquaculture. *Journal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang* 16: 11 – 22. Available from <http://www.kmitl.ac.th/jkmitl/vol16no1/02.pdf> [in Thai].
- Pipopponyo, S. and Somboonchai, S. n.d. *Limnology laboratory manual*. Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Chiangmai. 43 p. [in Thai].
- Popma, T.J., and Lovshin, L.L., 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, p. 23.
- Redner, R., and Stickney, R.R., 1979. Acclimation to ammonia by *Tilapia aurea*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 108, pp. 383–388 .
- Timmonas, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., and Vinci, B.J. 2002. *Recirculating aquaculture system*, NRAC Publication No. 01-002. Cayuga Venture. New York. 769 p.
- Traichaiyaporn, S. 2543. *Water quality analysis*. 2nd ed. Biology Department, Faculty of Science, Chiangmai University. 125 p. [in Thai].
- Vijayan, M.M., and Leatherland, J.F. 1988. Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture*. 75: 159-170.
- Wheaton, F.W., Hochheimer, J.N. and Kaiser, G.E. 1996. *Engineering impact of salmonid culture*. Cater 16 in W, Pennell and B.A. Barton, editors. Elsevier. Amsterdam. Netherland.
- Lam, S.S., Ambak, M.A., Jusoh, A., and Law, A.T. 2008. Waste excretion of marble goby (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker) fed with different diets. *Aquaculture* 274: 49 – 56.