

## การเลี้ยงปลากะพงขาวขนาด 4-6 นิ้วในระบบน้ำหมุนเวียน

### Culture of Barramundi (*Lates calcarifer* BLOCH, 1790) Size 4 to 6 inches in a Recirculating System

นิคม ละอองศิริวงศ์<sup>1</sup> ลักษณะ ละอองศิริวงศ์<sup>1</sup> พัชรา แม่เริาะ<sup>2</sup> และ คมน์ ศิลปาจารย์<sup>1</sup>

Nikhom La-onsiriwong<sup>1</sup>, Lakana La-onsiriwong<sup>1</sup>, Patchara Mearah<sup>2</sup> and Kom Silapajarn<sup>1</sup>

#### บทคัดย่อ

การทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบน้ำหมุนเวียนที่เหมือนกัน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย ถังเลี้ยงปลา 3 ถัง ถังรวมน้ำซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนตกตะกอนกับส่วนกรองสารแขวนลอย ถังกรองชีวภาพ ตัวกำจัดโปรตีน ถังพักน้ำ และถังสำหรับเติมน้ำ โดยใช้วัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่นเป็นตัวกรองชีวภาพ เริ่มต้นทดลองปล่อยปลากะพงขาวขนาดความยาวและน้ำหนักเฉลี่ย 3.7±0.2 นิ้ว และ 10.7±1.9 กรัม ตามลำดับ ชุดการทดลองละ 750 ตัว (เฉลี่ย 153 ตัว/ม<sup>3</sup>) เมื่อทดลองครบ 30 วัน พบว่า ระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 1 ปลามีความยาวและน้ำหนักเฉลี่ย 4.9±0.4 นิ้ว และ 25.3±6.3 กรัม ตามลำดับ อัตรารอดตาย 89.9% และอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.61 ส่วน ระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 2 มีความยาวเฉลี่ย 5.6±0.6 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ย 44.5±12.8 กรัม อัตรารอดตาย 96.3% และมีอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 0.94 ต้นทุนการเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นค่าพันธุ์ปลาคิดเป็นร้อยละ 58 ของต้นทุนทั้งหมด ระบบน้ำหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาวครั้งนี้มีจุดเด่นหลายประการ เช่น ระบบไม่ซับซ้อน การจัดการไม่ยุ่งยาก และใช้วัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่นเป็นตัวกรองชีวภาพ เป็นต้น

#### ABSTRACT

Experiment on barramundi (*Lates calcarifer* BLOCH, 1790) rearing was conducted in 2-identical recirculating systems. Each system includes 3-culture tank, sump of water tank (divided 2 parts: sedimentation and filter part), biological filter tank, protein skimmer, reservoir and make up tank. Local natural materials were used as biological filter. The fish were cultured at stocking of 750 individuals (average 153 individuals/m<sup>3</sup>) with initial length and body weight of 3.7±0.2 inches and 10.7±1.9 g, respectively. After 30-days of performance, the average length and body weight was 4.9±0.4 inches and 25.3±6.3 g, respectively, survival rate was 89.9% and FCR was 1.61 for the trial I. In trial II, the average of length and body weight was 5.6±0.6 inches and 44.5±12.8 g, respectively, survival rate was 96.3% and FCR was 0.94. Most capital cost of barramundi rearing in the recirculating system is fry cost, comprised 58% of total cost. This RAS shows the several outstandings such as system simplicity, simply management, using local natural materials as biofilter etc.

Key Words: Barramundi (*Lates calcarifer* BLOCH, 1790), Recirculating System

e-mail address: inikhom@hotmail.com

<sup>1</sup> สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง อ. เมือง จ. สงขลา 90000

Coastal Aquaculture Research Institute, Muang district, Songkhla Province 90000

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสตูล อ. ละงู จ. สตูล 91110

Satul Coastal Aquaculture Research and Development Center, La-ngu district, Satul Province 91110

## คำนำ

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียน (Recirculating aquaculture systems, RAS) เป็นหน่วยการผลิตสัตว์น้ำที่หมุนเวียนน้ำผ่านตัวกรองชนิดต่างๆ เพื่อกำจัดของเสียจากกระบวนการสร้างและสลาย (metabolic products) และของเสียอื่นๆ (Rawlinson, 2002 อ้างตาม Ionno *et al.*, 2006) ในต่างประเทศระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบนี้ถูกใช้ในเชิงพาณิชย์นานนับสิบปีแล้ว Blancheton (2000) รายงานว่า โรงเพาะเชิงพาณิชย์ในยุโรปส่วนมากใช้ระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อเลี้ยงปลาจากทะเลเมดิเตอร์เรเนียนตั้งแต่พ่อแม่พันธุ์ถึงปลาน้ำที่มีขนาดหลายกรัม Fielder and Allan (1997) อ้างตาม Gutierrez-Wing and Malone (2006) กล่าวว่า ในการเลี้ยงปลาทะเลนั้นระบบน้ำหมุนเวียนจะมีบทบาทสำคัญในการผลิตปลาน้ำที่แข็งแรงและมีขนาดเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงในกระชังหรือคอกต่อไป อย่างไรก็ตามระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียนเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย แม้ว่าในช่วงหลายปีมานี้มีผู้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียนกันบ้างแล้วก็ตาม (สุนิตย์ และคณะ, 2548; สุรังสี, 2550) แต่ก็ยังไม่มีข้อสรุปชัดเจนเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำชนิดต่างๆ ในเชิงพาณิชย์

ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* BLOCH 1790) เป็นปลาเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปลาชนิดนี้เนื้ออร่อยรสชาติดี สามารถนำมาปรุงเป็นอาหารได้หลากหลายชนิด ปลากะพงขาวที่บริโภคกันนั้นส่วนใหญ่เป็นปลาที่เลี้ยงในกระชัง ในแต่ละปีจึงมีความต้องการปลากะพงขาวเพื่อนำไปเลี้ยงต่อในกระชังให้เป็นปลาเนื้อเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะปลากะพงขาวขนาด 6 นิ้ว ขึ้นไป ปัจจุบันมีเพียงบางจังหวัดเท่านั้นที่มีการผลิตปลากะพงขาวขนาดดังกล่าวเพื่อจำหน่ายอย่างเป็นทางการเป็นลำเป็นสัน ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดสตูล และจังหวัดปัตตานี เป็นต้น โดยเลี้ยงในบ่อดินหรือกระชังซึ่งทำให้ไม่สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ขณะที่จังหวัดอื่นๆ มีการผลิตกันน้อยมาก ปัญหาการขาดแคลนพันธุ์ปลาจึงเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของการเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชัง โดยเฉพาะหลังจากฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงเริ่มฤดูการผลิต ทำให้เกษตรกรต้องซื้อปลาเพื่อนำมาเลี้ยงในราคาที่สูงขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน และเพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตปลากะพงขาวขนาด 4-6 นิ้วในระบบน้ำหมุนเวียน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. ระบบน้ำหมุนเวียน

จัดเตรียมระบบน้ำหมุนเวียนเหมือนกัน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย ถังเลี้ยงปลา ถังรวมน้ำ ถังกรองชีวภาพ ตัวกำจัดโปรตีน (protein skimmer) ถังพักน้ำ และถังสำหรับเติมน้ำ (รูปที่ 1 และตารางที่ 1) ถังเหล่านี้เป็นถังพลาสติก ถังรวมน้ำแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนเท่ากัน คือ ส่วนตกตะกอนซึ่งไม่มีวัสดุใดๆ บรรจุอยู่ กับส่วนกรองสารแขวนลอย ส่วนนี้มีวัสดุต่างๆ บรรจุอยู่ดังนี้ เปลือกหอยตะไกรม (ปริมาตร 0.05 ม<sup>3</sup>) อยู่ด้านล่างสุด ชั้นถัดมาเป็นชั้นของเปลือกหอยขนาดเล็ก (ปริมาตร 0.12 ม<sup>3</sup>) และชั้นบนสุดเป็นทราย (ปริมาตร 0.09 ม<sup>3</sup>) สำหรับถังกรองชีวภาพประกอบด้วยเปลือกหอยนางรมปากจีบ (ปริมาตร 0.50 ม<sup>3</sup>) และเปลือกหอยทะเล (ปริมาตร 0.20 ม<sup>3</sup>) อยู่ชั้นล่างสุดและถัดขึ้นมาตามลำดับ พร้อมกับจัดเตรียมระบบเติมอากาศโดยมีการเติมอากาศเฉพาะถังเลี้ยงปลา

สำหรับทิศทางการไหลของน้ำในระบบน้ำหมุนเวียนเป็นดังนี้ น้ำจากถังเลี้ยงปลาแต่ละถังจะไหลออกทางด้านล่างของถังโดยผ่านท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว มารวมกันที่ถังรวมน้ำส่วนตกตะกอน แล้วไหลเข้าสู่ถังรวมน้ำส่วนกรองสารแขวนลอย จากนั้นจึงไหลผ่านท่อพีวีซีขนาดเดียวกันซึ่งอยู่ด้านบนเข้าสู่ถังกรองชีวภาพทางด้านล่าง ป้อนสูบน้ำ

(ยี่ห้อไซนิก รุ่น AP5800) ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังกรองชีวภาพด้วยท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว เข้าสู่ตัวกำจัดโปรตีนแล้วไหลไปสู่ถังพักน้ำ จากนั้นน้ำจึงไหลลงสู่ถังเลี้ยงปลาแต่ละถังอีกครั้ง

เมื่อจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงเติมน้ำโดยปรับความเค็มให้ได้ประมาณ 20 PSU จากนั้นจึงเติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์ โดยให้ระบบมีความเข้มข้นของแอมโมเนียประมาณ 2 mg/L เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับ เมื่อแบคทีเรียเพิ่มจำนวนถึงสภาวะที่เรียกว่า steady-state โดยสังเกตจากแอมโมเนียเปลี่ยนไปเป็นไนเตรททั้งหมด แสดงให้เห็นว่าระบบน้ำหมุนเวียนพร้อมที่จะเลี้ยงปลาแล้ว

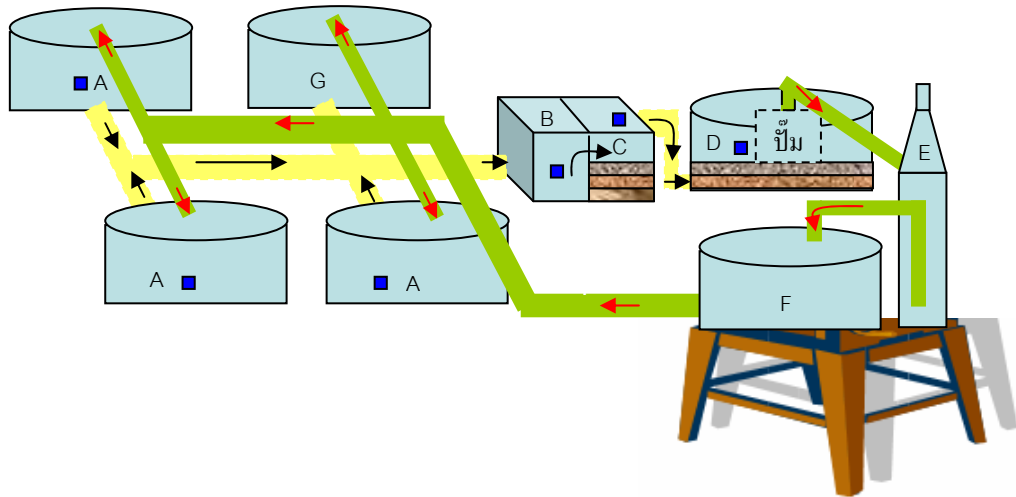


Figure 1 Schematic configuration of the RAS A: culture tank B: sump tank (sedimentation) C: sump tank (filtering) D: biofilter tank E: protein skimmer F: reservoir G: make-up tank  
 ■: water sampling → : water flow



Oyster shells Oyster shells Seashells Sand

Figure 2 The different types of the used biological filter

## 2. วิธีการทดลอง

ปลากะพงขาวที่ทดลองมีความยาวและน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย  $3.7 \pm 0.2$  นิ้ว และ  $10.7 \pm 1.9$  กรัม ตามลำดับ โดยปล่อยลงเลี้ยงชุดการทดลองละ 750 ตัว หรือถึงละ 250 ตัว (เฉลี่ย 153 ตัว/ม<sup>3</sup>) อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาเป็นอาหารเม็ดสำหรับปลาทะเล ให้อาหารทุกวันๆ ละ 2 มื้อ (ในช่วงเช้าและบ่าย) โดยให้กินจนอิ่ม จดบันทึกน้ำหนักอาหาร และจำนวนปลาตายทุกวัน ซึ่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาเมื่อทดลองได้ 30 วัน และ 52 วัน โดยสุ่มปลาแต่ละถังๆ ละ 30-40 ตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลองนับจำนวนปลาทั้งหมด

ในระหว่างการทดลองใช้สายยางดูดตะกอนในถังรวมน้ำทั้งที่ตกตะกอนทั้งสองส่วน มีการเติมทรายเพื่อทดแทนส่วนที่หายไปขณะดูดตะกอนสัปดาห์ละครั้ง และน้ำจืดทดแทนน้ำที่สูญหายไปเนื่องจากการดูดตะกอน การรั่วซึม และการระเหย ทุก 1-2 สัปดาห์ ครั้งละประมาณ 10% ของปริมาณน้ำทั้งหมด

การสุ่มวัดคุณภาพน้ำดำเนินการทุกสองสัปดาห์ทั้งในถังเลี้ยง ถังรวมน้ำทั้งสองส่วน และถังกรองชีวภาพ ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำภาคสนามยี่ห้อ YSI รุ่น 600QS โดยวัดก่อนให้อาหารในช่วงเช้า คุณภาพน้ำที่ตรวจวัดประกอบด้วย ความเค็ม (Sal) พีเอช (pH) อุณหภูมิ (Temp) และออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) พร้อมกันนั้นเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 800 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกเพื่อไปทดสอบหาค่าคุณภาพน้ำดังต่อไปนี้ คือ แอมโมเนียทั้งหมด (TAN) ไนไตรท์ (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N) และไนเตรท (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) ตามวิธีมาตรฐานของ Strickland and Parsons (1972) สารแขวนลอย (TSS) (วัด 3 ครั้ง: สัปดาห์ที่ 0, 4 และ 8) และความเป็นด่าง (Alk) ตามวิธีมาตรฐานของ APHA, AWWA and WEF (1998) จุดวัดคุณภาพน้ำแสดงดังรูปที่ 1

Table 1 Characteristics of different components of the RAS

Compartments	Number	Tank volume (m <sup>3</sup> )	Water volume (m <sup>3</sup> )	Flow rate (m <sup>3</sup> /h)	Retention (h)
Culture tanks	3	2	1.63	1.41	1.16
Sump tank	1	0.72			
- Sedimentation			0.30	4.23	0.07
- Filtering			0.30	4.23	0.07
Biofilter tank	1	2	1.19	4.23	0.28
Protein skimmer	1	0.31	0.30	4.23	0.07
Reservoir	1	2	0.48	4.23	0.11
Make-up tank	1	2	1.63	-	-

## ผลการศึกษา

### 1. การเจริญเติบโต อัตรารอด และอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

เมื่อดำเนินการทดลองครบ 30 วัน ในระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 1 ปลามีความยาวและน้ำหนักเฉลี่ย 4.9±0.4 นิ้ว และ 25.3±6.3 กรัม ตามลำดับ อัตรารอดตาย 89.9% ผลผลิตเฉลี่ย 3.5 กิโลกรัม/ม<sup>3</sup> และอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.61 ซึ่งปลายังไม่ได้ขนาดตามต้องการจึงนำไปเลี้ยงต่อในระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 2 อีก 22 วัน พบว่า ปลาดังกล่าวไม่ตายแต่อย่างใด โดยมีความยาว น้ำหนัก และผลผลิต เฉลี่ยเพิ่มเป็น 6.4±0.6 นิ้ว 63.9±16.3 กรัม และ 8.8 กิโลกรัม/ม<sup>3</sup> ตามลำดับ อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 0.73

ส่วนในระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 2 ปลาไม่มีอาการผิดปกติแต่อย่างใด เมื่อดำเนินการทดลองครบ 30 วัน มีความยาวเฉลี่ย 5.6±0.6 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ย 44.5±12.8 กรัม ผลผลิต 6.6 กิโลกรัม/ม<sup>3</sup> อัตรารอดตาย 96.3% และมีอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 0.94

### 2. คุณภาพน้ำ

รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตลอดการทดลองในถังเลี้ยงปลาของระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 2 จากรูปพบว่า แอมโมเนียทั้งหมด ไนไตรท์ ไนเตรท สารแขวนลอย พีเอช และความเป็นด่างสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

ขณะที่ออกซิเจนละลายในน้ำและอุณหภูมิในน้ำมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ส่วนความเค็มเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อย ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำของส่วนประกอบต่างๆ ในระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 1 และ 2 แสดงในตารางที่ 2 พบว่า ออกซิเจนละลายในน้ำและพีเอชมีค่าสูงสุดในถังเลี้ยงปลา รองลงมาเป็นถังรวมน้ำส่วนตกตะกอน ถังรวมน้ำส่วน กรองสารแขวนลอย และถังกรองชีวภาพ ตามลำดับ ส่วนคุณภาพน้ำอื่นๆไม่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

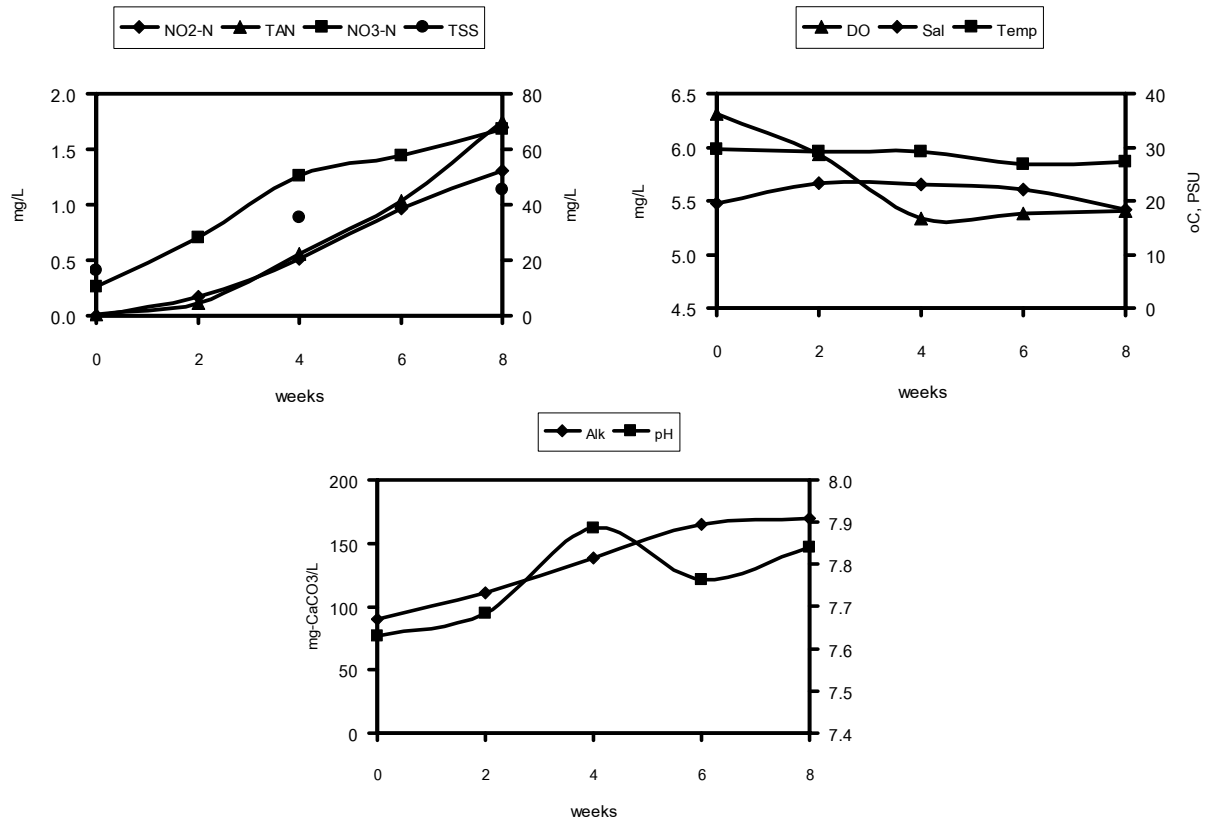


Figure 3 Biweekly of water quality in the culture tank of trial II over the periods

Table 2 Average values of water quality in the different components of the RAS

Parameter	Compartment							
	Fish tank		Sump tank (Sedimentation)		Sump tank (Filtering)		Biofilter tank	
	Trial I	Trial II	Trial I	Trial II	Trial I	Trial II	Trial I	Trial II
Temp (°C)	29.1±10.9	28.4±1.3	29±0.3	28.4±1.2	29.1±7.5	28.4±1.3	29.1±7.3	28.4±1.3
Sal (PSU)	19.8±8.1	21.3±2.4	19.8±6.0	21.3±2.3	19.8±7.5	21.3±2.2	19.8±6.97	21.3±2.3
pH	7.84±2.95	7.76±0.11	7.78±0.15	7.76±0.12	7.8±3.42	7.72±0.09	7.79±1.96	7.7±0.08
TSS*	-	32.4±14.9	-	37.1±18.9	-	33±16.3	-	33.4±13.2
DO*	6.07±2.4	5.67±0.44	5.89±0.09	5.33±0.39	5.54±2.5	4.56±0.85	4.77±1.3	3.58±1.55
Alk**	-	134.8±34.4	-	134.4±33.1	-	134.4±33.6	-	134.8±33.5
TAN*	-	0.69±0.72	-	0.69±0.71	-	0.69±0.65	-	0.70±0.71
NO <sub>2</sub> -N*	-	0.95±0.93	-	0.90±0.89	-	0.96±0.94	-	1.01±0.92
NO <sub>3</sub> -N*	-	42.9±23.2	-	40.9±22.7	-	44.5±23	-	43±22.9

\* mg/L\*; \*\* mg-CaCO<sub>3</sub>/L

### 3. ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปลากะพงขาว

ต้นทุนคงที่ของวัสดุและอุปกรณ์คิดจากอายุการใช้งาน (ปั๊มสูบน้ำ ถึง และปั๊มลมมีอายุการใช้งาน 2 ปี 10 ปี และ 5 ปี ตามลำดับ) และจำนวนครั้งที่สามารถเลี้ยงปลากะพงขาวขนาด 4-6 นิ้วได้ในรอบหนึ่งปี จากผลการศึกษาพบว่าปลากะพงขาวสามารถเจริญเติบโตถึงขนาดที่ต้องการใช้เวลา 52 วัน ในรอบหนึ่งปีจึงสามารถเลี้ยงปลาได้ 6 ครั้ง จากตารางที่ 3 พบว่า การเลี้ยงปลากะพงขาวขนาด 4-6 นิ้ว ในระบบน้ำหมุนเวียน 1 รอบมีต้นทุน 12,823 บาท ส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปรคิดเป็น 83.21% ซึ่งต้นทุนผันแปรที่เกิดขึ้นเป็นค่าพันธุ์ปลามากที่สุด สำหรับผลตอบแทนพบ ว่า การเลี้ยงปลากะพงขาวในครั้งนี้มีกำไร 5,277 บาท

Table 3 Costs and income of the barramundi rearing in the recirculating system

Variable	Amount (Bahts)	Percents
Total fixed costs	2,153	16.79
- Water pump Depreciation	320	2.5
- Tank depreciation	1,166	9.09
- Depreciation of aeration pump	667	5.2
Total variable costs	10,670	83.21
- Fry costs	7,500	58.49
- Feed costs	2,670	20.82
- Electric costs	500	3.90
Total costs	12,823	-
Income	18,100	-
Benefit	5,277	-

### วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองในครั้งนี้เห็นได้ว่าปลากะพงขาวมีการเจริญเติบโตดี โดยสามารถเจริญเติบโตจากความยาวเฉลี่ย  $3.7 \pm 0.2$  นิ้ว เป็นขนาดความยาวเฉลี่ย 5.6-6.4 นิ้วได้ ภายในระยะเวลา 30-52 วัน อัตราการเจริญเติบโตดังกล่าวใกล้เคียงกับผลการศึกษาของสุนิตย์ และคณะ (2548) ซึ่งเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนเช่นกัน นอกจากนี้ปลากะพงขาวที่เลี้ยงยังมีอัตราการรอดสูงกว่า 90% การเจริญเติบโตที่ดีของปลากะพงขาวที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนอาจเป็นเพราะว่าคุณภาพน้ำในรอบวันค่อนข้างคงที่ โดยเฉพาะแอมโมเนียซึ่งเป็นของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมาหลังจากกินอาหาร เนื่องจากแอมโมเนียที่เกิดขึ้นถูกแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ตามตัวกรองชีวภาพเปลี่ยนให้เป็นไนเตรทซึ่งเป็นพิษต่อปลาน้อยกว่าแอมโมเนียและไนไตรท์ ทำให้ปลาไม่เครียดสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามปลากะพงขาวในระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 1 เจริญเติบโตช้ากว่าปลาในชุดที่ 2 เนื่องจากช่วงปลายสัปดาห์ที่ 3 มีปลากะพงขาวในบางถังอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม บางตัวมีสีดำ กินอาหารลดลง และเริ่มทยอยตายในวันต่อมา เมื่อมีปลาตายมากขึ้นจึงรักษาด้วยการแช่คอปเปอร์ซัลเฟตเฉพาะในถังเลี้ยงด้วยความเข้มข้น 2 ส่วนในล้านวันเว้นวัน ต่อจากนั้นจึงแช่ยาเหลือง ใช้เวลารักษาปลากะพงขาวที่มีอาการดังกล่าวประมาณ 7 วัน สาเหตุที่ทำให้ปลากะพงขาวมีลักษณะอาการดังกล่าวไม่ทราบแน่ชัด เมื่อทดลองครบ 30 วัน ปลายังไม่ได้ขนาดตามต้องการจึงได้ย้ายปลากะพงขาวชุดดังกล่าวไปเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 2 พบว่า ปลากะพงขาวไม่มีอาการอย่างที่เคยปรากฏ และสามารถเจริญเติบโตจากขนาด 4.9 นิ้ว เป็น 6.4 นิ้ว ภายใน 22 วัน

ความเข้มข้นของไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองระบบน้ำหมุนเวียนชุดที่ 2 มีความเข้มข้นของไนเตรทสูงถึง 67 mg/L การเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนมีการสะสมของไนเตรทเกิดขึ้นเสมอ (Gutierrez-Wing and Malone, 2006) ทั้งนี้เนื่องจากไนเตรทเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการไนตริฟิเคชัน อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นดังกล่าวไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แอมโมเนียและไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลองเช่นเดียวกับไนเตรท แสดงให้เห็นว่า แบคทีเรียไม่สามารถบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันให้หมดไปได้ ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียและไนไตรท์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น เวลาพัก พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกรองชีวภาพ เป็นต้น เวลาพักที่ยาวนานกว่าหรือตัวกรองชีวภาพที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่าสามารถบำบัดแอมโมเนียหรือไนไตรท์ได้ดีกว่า (Timmons *et al.*, 2002) ในการทดลองนี้เวลาพักของน้ำในถังกรองชีวภาพมีค่า 0.28 ชั่วโมง ใกล้เคียงกับเวลาพักของน้ำในถังกรองชีวภาพของผู้วิจัยอื่นๆ (Skjølstrup *et al.*, 1998; Tseng *et al.*, 1998) แนวโน้มความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวคาดว่ามีสาเหตุจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะน้อยเนื่องจากใช้เปลือกหอยทะเลเป็นตัวกรองชีวภาพเพียง 0.20 m<sup>3</sup> การเปลี่ยนแปลงของพีเอชและความเป็นด่างในการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเลี้ยง แตกต่างจากระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียนโดยทั่วไปที่คุณภาพน้ำทั้งสองตัวแปรจะมีแนวโน้มลดลงซึ่งเป็นผลจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Timmons *et al.*, 2002) แนวโน้มเพิ่มขึ้นของพีเอชและความเป็นด่างตามระยะเวลาเลี้ยงเกิดจากการใช้เปลือกหอยชนิดต่างๆ ซึ่งในเปลือกหอยเหล่านี้มีองค์ประกอบของคาร์บอนेटที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มความเป็นด่างและพีเอชของน้ำ

ในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียนนอกจากต้องควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำแล้วยังต้องควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการทำงานของแบคทีเรียด้วย (Colt, 2006) ในการทดลองครั้งนี้เห็นได้ว่า ออกซิเจนละลายในน้ำและพีเอชมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในถังกรองชีวภาพ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจากออกซิเจนละลายในน้ำถูกใช้ไปในกระบวนการไนตริฟิเคชัน ผลผลิตหนึ่งที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว คือ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเมื่อละลายน้ำมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน ถังกรองชีวภาพจึงมีคุณภาพน้ำดังกล่าวต่ำกว่าส่วนประกอบอื่นๆ ของระบบ ในการทดลองครั้งนี้ทั้งออกซิเจนละลายในน้ำและพีเอชในถังกรองชีวภาพมีค่าอยู่ในช่วงเหมาะสมสำหรับกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยออกซิเจนละลายในน้ำและพีเอชที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการนี้ไม่ควรต่ำกว่า 2 mg/L (Wheaton *et al.*, 1994 อ้างตาม Chen *et al.*, 2006) และ 7 ตามลำดับ (Chen *et al.*, 2006)

การเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียนมีต้นทุนครั้งแรกสูงเช่นเดียวกับการเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบอื่น หากไม่รวมค่าที่ดินหรือค่าก่อสร้างโรงเรือนแล้วต้นทุนส่วนใหญ่ของการเลี้ยงปลากะพงขาวในครั้งนี้เป็นค่าถัง ถังเหล่านี้มีอายุการใช้งานนานนับสิบปี ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงอายุการใช้งานแล้วต้นทุนการผลิตที่เกิดจากถังจึงต่ำ ในขณะที่ต้นทุนจากค่าพันธุ์ปลาซึ่งเป็นต้นทุนผันแปรมีส่วนสูงถึง 58% (ตารางที่ 3) การเลือกใช้ตัวกรองชีวภาพจากวัสดุธรรมชาติที่หาได้ในท้องถิ่นเป็นวิธีลดต้นทุนอย่างหนึ่ง ดังการวิจัยในครั้งนี้เลือกใช้ตัวกรองชีวภาพเป็นทรายและเปลือกหอยทะเลต่างๆ (รูปที่ 2) ตัวกรองชีวภาพเหล่านี้สามารถทำหน้าที่ทั้งเป็นตัวกรองสารแขวนลอยและเป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรีย ตัวกรองชีวภาพพวกทรายหรือเปลือกหอยทะเลมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง Timmons *et al.* (2006) รายงานว่า ทรายมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงถึง 10,000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

จากการทดลองในครั้งนี้เห็นได้ว่า การเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อนำไปเลี้ยงต่อในกระชังให้เป็นปลาเนื้อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดปัญหาการขาดแคลนพันธุ์ปลา ซึ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาใน

กระชังสามารถดำเนินการเองได้ ระบบน้ำหมุนเวียนที่ใช้ในการเลี้ยงปลากะพงขาวครั้งนี้มีจุดเด่นหลายประการ คือ 1) เป็นขนาดที่จะใช้ได้จริง 2) ไม่ซับซ้อน 3) ตัวกรองชีวภาพใช้วัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่น และจุดเด่นประการสุดท้าย คือมีการจัดการที่ไม่ยุ่งยากและสามารถทำงานได้ตามลำพัง การจัดการสำคัญในแต่ละวันเป็นการให้อาหารและการดูดตะกอน โดยใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมงเท่านั้น

### เอกสารอ้างอิง

- สุนิตย์ โจรนพิทยากุล, นกสิรินทร์ รัตนสมบุรณ์ และ ยุวดี สกุลแก้ว. 2548. การเลี้ยงปลากะพงขาว , *Lates calcarifer* (Bloch) ขนาด 2 นิ้ว ถึง 6 นิ้ว ในระบบน้ำหมุนเวียนโดยใช้วุ้นในลอนเป็นไบโอฟิลเตอร์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 35/2548 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. 14 หน้า.
- สุรังสี ทัพพะรังสี. 2550. การอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบกรองน้ำหมุนเวียน. วารสารการประมง 60(2): 137-145.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Waste water. 20<sup>th</sup> ed. United Book Press, Maryland.
- Blancheton, J.P. 2000. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. Aquacultural Engineering 22:17-31.
- Chen, S., J.Ling and J.-P. Blancheton. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. Aquacultural Engineering 34:179-197
- Colt, J. 2006. Water quality requirements for reuse systems. Aquacultural Engineering. 34:143-156.
- Gutierrez-Wing, M.T. and R.F. Malone. 2006. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. Aquacultural Engineering 34: 163-170.
- Ionno, P.N., G.L. Wines, P.L. Jones and R.O. Collins. 2006. A bioeconomic evaluation of a commercial scale recirculating finfish growout system-An Australian perspective. Aquaculture 259: 315-327.
- Skjølstrup, J. P.H. Nielsen, J.-O. Frier and E. McLean. 1998. Performance characteristics of fluidized bed biofilters in a novel laboratory-scale recirculation system for rainbow trout: nitrification rates, oxygen consumption and sludge collection. Aquacultural Engineering 18: 265-276.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 167. Ottawa.
- Tseng, K.-F., H.-M., Su and M.-S. Su. 1998. Culture of *Penaeus monodon* in a recirculating system. Aquacultural Engineering 17: 138-147.
- Timmons, M.B., J.M. Ebeling, F.W. Wheaton, S.T. Summerfelt and B.J. Vinci. 2002. Recirculating aquaculture systems. 2<sup>nd</sup> ed. NRAC Publication, New York.
- Timmons, M.B., J.L. Holder and J.M. Ebeling. 2006. Application of microbead biological filters. Aquacultural Engineering 34: 332-343.