

ประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำเพื่อการเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*)
Efficiency of Water Filtering System for Spotted Babylon (*Babylonia areolata*) Culture

พนม สินวรพันธ์¹ จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ¹ สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ^{1*}
Panom Sinworaphan, Jarunee Chiayvareesajja and Sommai Chiayvareesajja

บทคัดย่อ

ศึกษาระบบกรองน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์ โดยทำการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสงขลา ซึ่งหอยหวานที่นำมาใช้ในการทดลองมีความยาวเปลือกเริ่มต้น 1.026 – 1.047 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ การทดลองใช้ตู้กระจกขนาด (กว้างxยาวxสูง) 45x75x45 เซนติเมตร ภายในตู้ทดลองใส่ทรายทะเลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดทรายประมาณ 0.2 มิลลิเมตร ชั้นทรายมีความหนาประมาณ 10 เซนติเมตร บรรจุน้ำทะเลสู่ละ 100 ลิตร และให้หอยกินเนื้อปลาหลังเขียวเป็นอาหาร โดยใส่หอยในตู้ทดลองจำนวน 12 ตู้ ๆ ละ 170 ตัว (ความหนาแน่นเท่ากับ 500 ตัว/ตารางเมตร) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 68 วัน แบ่งระบบน้ำออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ทุกชุดการทดลองน้ำทะเลจะไหลผ่านตลอดด้วยอัตรา 2.25 ลิตร/ชั่วโมง โดยชุดการทดลองที่ 1 ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพ ชุดการทดลองที่ 3 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และชุดการทดลองที่ 4 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานมากที่สุด เพราะหอยมีอัตราการรอดตาย (70.98%) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (0.99) และผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น (681.14 กรัม/ตารางเมตร) ดีเกือบที่สุดเป็นรองจากชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่าง ไนโตรที่ฟอสเฟต และ BOD ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แอมโมเนียและของแข็งแขวนลอยในชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ : ระบบกรองน้ำ หอยหวาน อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย

¹ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

Department of Aquatic Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

* Corresponding Author: sommai.c@psu.ac.th

Abstract

The research aimed to study the optimal water filtering system to culture juvenile *B. areolata* at commercial density at Songkhla Coastal Fisheries Research and Development Center. The research methodology was done by completely randomized design of 3 replicates. *B. areolata* with shell length of 1.026 – 1.047 cm was cultured in 45x75x45 cm glass aquarium containing 10-cm thick sea sand grains (diameter of 0.2 mm) and 100 l sea water, and fed with *Amblygaster sirm*. In the experiment, 170 *B. areolata* (stocking density of 500 *B. areolata*/m²) were raised in each of 12 aquariums for 68 days. *B. areolata* were experimented in four water systems but the same water exchange rate at 2.25 l/hour; 1) water flow – through system , 2) recirculating water system and treated by biofiltration system, 3) recirculating water system and treated by filter system with ozone and 4) recirculating water system and treated by biofiltration system with ozone. The results were found that biofiltration system with ozone is the most optimal *B. areolata* culture system because of the high survival rate (70.98%), feed conversion ratio (0.99) and production (681.14 g/m²), next to the flow – through system. Moreover, temperature, salinity, pH, alkalinity, nitrite, phosphate and BOD in all treatments were not significantly different (p>0.05). However, the level of ammonia and suspended solids in the experiment with water flow – through system was higher than other treatments (p<0.05).

Keywords : Water Filtering System, Spotted Babylon (*Babylonia areolata*), Growth Rate, Feed Conversion Ratio, Survival Rate

บทนำ

หอยหวาน (spotted babylon) หรือหอยตุ๊กแก หอยน้ำผึ้ง มีการเพาะเลี้ยงและจับจากแหล่งธรรมชาติ มีหลายชนิดด้วยกันเช่น *Babylonia areolata* และ *B. spirata* [1] หอยหวานเป็นหอยฝาเดียวที่นิยมบริโภค ทั้งภายในและต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศในแถบเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น ฮองกง ไต้หวัน ราคาภิโกรัมละ 220 – 300 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับสัตว์น้ำ อื่นๆ หอยหวานสามารถวางไข่ได้ในบ่อซีเมนต์ [2] และสามารถเลี้ยงในลักษณะครบวงจร โดยอนุบาลลูกหอยที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงจนเป็นพ่อแม่พันธุ์ ผสมพันธุ์และวางไข่ได้ในรุ่นต่อไป [3] เมื่อลูกหอยหวานเข้าสู่ระยะลงพื้น (settled juvenile) จะให้เนื้อปลาข้างเหลืองในลักษณะเนื้อติดก้างเป็นอาหาร [4] เศษอาหารที่เหลือและสิ่งขบถ่ายจะทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง ทำให้ลูกหอยเครียดและอ่อนแอส่งผลให้เกิดโรคได้ง่ายขึ้น [5] ระบบการเลี้ยง

หอยหวานในปัจจุบันใช้ระบบน้ำทะเล 3 แบบ คือ ระบบน้ำนิ่ง (static seawater system), ระบบน้ำไหลผ่านตลอด (flow-through seawater system) และระบบน้ำทะเลหมุนเวียน (recirculating seawater system) ระบบน้ำนิ่งจะมีปัญหาและข้อจำกัด คือ มีปริมาณของอินทรีย์สารที่เกิดจากการขับถ่าย และเศษอาหารที่เหลือในบ่อเลี้ยงจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยงหอยหวาน ส่วนปริมาณแคลเซียมและแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงจะลดลงและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเปลือกของหอยหวาน สำหรับระบบน้ำไหลผ่านตลอดจะมีปัญหาและข้อจำกัดคือ ใช้น้ำทะเลในปริมาณมากและต้องมีการไหลผ่านของน้ำตลอดเวลาหรืออย่างน้อย 12 ชั่วโมงต่อ 3 วัน นอกจากนี้ น้ำทะเลที่ใช้จะต้องมีคุณภาพดีและความเค็มคงที่ปราศจากสารมลพิษต่างๆหรือโรค พื้นที่ใช้เลี้ยงต้องอยู่ใกล้ทะเลหรือคลองส่งน้ำทะเล และมีต้นทุนสูงในเรื่องค่าใช้จ่ายด้านกระแสไฟฟ้าและแรงงาน ส่วนระบบ

น้ำทะเลหมุนเวียนเป็นวิธีการนำน้ำทะเลกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ให้มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุด ซึ่งบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลหมุนเวียนแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ บ่อเลี้ยงหอย (rearing tank) และบ่อกรองชีวภาพ (biofilter tank) โดยในบ่อกรองชีวภาพจะมีการบำบัดอินทรีย์สารต่างๆ ที่เกิดขึ้นให้ตกลงอยู่ในเกณฑ์ปกติ [4] นอกจากนี้ ชูสินธุ์ [6] ได้พัฒนาการเลี้ยงหอยเป่าอ้อโดยใช้ระบบกรองน้ำร่วมกับการใช้โอโซน ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ดี และเป็นกรเพิ่มผลผลิตหอยเป่าอ้อได้ แต่ระบบดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน เนื่องจากใช้สาหร่ายเป็นอาหารเลี้ยงหอยเป่าอ้อ แต่ใช้เนื้อปลาเป็นอาหารเลี้ยงหอยหวาน ทำให้คุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงหอยหวานเน่าเสียได้ง่ายกว่าในระบบการเลี้ยงหอยเป่าอ้อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการกรองน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน ซึ่งอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ และลดการเกิดโรค อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบการเลี้ยงหอยหวานในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) แบ่งระบบน้ำออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ทุกชุดการทดลองน้ำทะเลจะไหลผ่านตู้ทดลองด้วยอัตรา 2.25 ลิตรต่อชั่วโมง โดยชุดการทดลองที่ 1 ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพ ชุดการทดลองที่ 3 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และชุดการทดลองที่ 4 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน ใส่หอยในตู้ทดลองจำนวน 12 ตู้ ๆ ละ 170 ตัว (ความหนาแน่นเท่ากับ 500 ตัว/ตารางเมตร) ก่อนทำการทดลองให้หอยปรับสภาพตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 90 วัน หากชุดการ

ทดลองใดมีหอยตายถึง 10% จะหยุดการทดลองทั้งหมดทันที

2. การเตรียมตู้และน้ำในการทดลอง

การทดลองใช้ตู้กระจกขนาด (กว้างxยาวxสูง) 45x75x45 เซนติเมตร ภายในตู้ทดลองใส่ทรายทะเลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดทรายประมาณ 0.2 มิลลิเมตร มีความหนาประมาณ 10 เซนติเมตร เต็มอากาศในตู้โดยใช้ปั๊มลมและหัวทราย จำนวน 2 หัว/ตู้ ตู้ทดลองด้านข้าง ด้านหลังและด้านบนปิดด้วยแผ่นพลาสติกสีดำ ด้านหน้าใช้ซาแรนพรางแสง เตรียมน้ำโดยสูบน้ำจากชายฝั่งทะเลที่มีความเค็มระหว่าง 30 – 35 ppt ผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้คลอรีนผง ในอัตรา 20 ppm ในบ่อที่มีขนาดความจุ 40 ตัน เปิดปั๊มลมให้อากาศตลอดเวลาจนกว่าคลอรีนหมดฤทธิ์ แล้วทำการตกตะกอนอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาผ่านการกรองด้วยถุงกรองขนาดช่องตา 1 ไมครอน โดยใส่ในตู้ทดลองตู้ละ 100 ลิตร

3. การให้อาหารลูกหอย

ใช้เนื้อปลาล้างเขียว (*Amblygaster sirm*) เป็นอาหารตลอดช่วงเวลากการทดลอง โดยทำการแช่เนื้อปลาออกเป็นชิ้นๆ ให้อาหารทุกวันๆ ละ 2 มื้อ เวลา 10.00 น. และ 16.00 น. ในอัตรา 2% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ปริมาณการให้อาหารทุก 2 สัปดาห์หลังทำการสุ่มชั่ง – วัด บันทึกการกินอาหารของหอยโดยเก็บเศษอาหารที่เหลือทั้งหมดภายในตู้ทดลองแต่ละตู้มาชั่งน้ำหนักโดยใช้กระดาษทิชชูแล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณอาหารที่หอยกินในแต่ละมื้อติดต่อกันจนสิ้นสุดการทดลอง

4. การสุ่มชั่ง – วัดขนาดลูกหอย

เมื่อเริ่มต้นการทดลองสุ่มตัวอย่างลูกหอยจำนวน 10% ของหอยทั้งหมดในแต่ละตู้มาวัดความยาวเปลือก (total length) เป็นเซนติเมตรโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ และชั่งน้ำหนักตัวของหอย (รวมเปลือก) เป็นกรัมของน้ำหนักสด โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของหอยทุก 2 สัปดาห์ ต่อเนื่องไปจนสิ้นสุดการทดลอง เมื่อพบหอยตายจะเก็บหอยออกจากตู้ทดลองและบันทึกจำนวนหอยที่ตาย

5. การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 1 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับกลางของตู้ทดลอง แล้วนำไปตรวจวัดคุณภาพน้ำทันที โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากตู้ทดลองทั้งหมดทุก 4 วัน ในเวลา 8.00 - 9.00 น. ต่อเนื่องไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยวัดค่าแอมโมเนีย ด้วยวิธี Modified Indophenol Method [7], ไนโตรที่ โดยวิธี Diazotization [8], ไนเตรท โดยวิธี Cadmium Reduction Method ริคิซไนเตรทเป็นไนโตรที่ แล้ววัดไนโตรที่ โดยวิธี Diazotization, ความเป็นด่าง (Alkalinity) โดยวิธี Potentiometric titration to pre - selected pH, ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid : TSS) และ BOD โดยวิธีของ APHA และคณะ [9], ออร์โทฟอสเฟต โดยวิธีของ Boyd และ Tucker [10], ความเค็มของน้ำใช้ Salinometer (S/Mill - E), ออกซิเจนละลายน้ำและอุณหภูมิ ใช้ Oxygen Meter (YSI Model 51B), ความเป็นกรด - ด่างโดยใช้ pH Meter ยี่ห้อ WTW รุ่น pH 300 และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total Bacteria) โดยคิดแปลงจากวิธีของภาควิชาจุลชีววิทยา [11]

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี One way analysis of variance และวิเคราะห์ความแตกต่างของ

ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS Release 10. [12]

คำนวณข้อมูลต่างๆ ตลอดจนการทดลอง ดังนี้

1) อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก (มิลลิเมตร/วัน) = $(L_t - L_0)/t$

เมื่อ L_t คือ ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

L_0 คือ ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

t คือ ระยะเวลาที่เลี้ยงหอย (วัน)

2) อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (กรัม น้ำหนักสด/วัน) = $(W_t - W_0)/t$

เมื่อ W_t คือ น้ำหนักสดเฉลี่ยของหอยรวมเปลือกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)

W_0 คือ น้ำหนักสดเฉลี่ยของหอยรวมเปลือกเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)

3) อัตราการรอดตาย (%)

= จำนวนหอยที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง x
100 / จำนวนหอยที่เริ่มการทดลอง

4) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio: FCR) = $F / (W_t - W_0)$

เมื่อ F คือ น้ำหนักรวมของอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยตลอดการทดลอง (กรัม น้ำหนักสด)

W_t คือ น้ำหนักรวมทั้งหมดของหอยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม น้ำหนักสด)

W_0 คือ น้ำหนักรวมทั้งหมดของหอยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (กรัม น้ำหนักสด)

5) ผลผลิตของหอยต่อพื้นที่ (กรัม น้ำหนักสด/ตารางเมตร)

= $\frac{\text{น้ำหนักรวมทั้งหมดของหอยที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{พื้นที่ที่ใช้เลี้ยงหอย}}$

Thaksin.J., Vol.12 (2) July - December 2009

6) คำนวณความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า (%) [13]
= $\left[\frac{\text{น้ำหนักเนื้อหอยสด}}{\text{น้ำหนักเปลือก}} \times 100 \right]$
น้ำหนักเนื้อหอยสด โดยวิธีแกะเนื้อหอยออก
จากเปลือกแล้วทำการชั่งน้ำหนัก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นอายุ
ประมาณ 60 วัน (ความยาวเปลือกเฉลี่ยในช่วง 1.026 –
1.047 เซนติเมตร) เมื่อดำเนินการทดลองไปทั้งสิ้น 68 วัน
ทุกชุดการทดลองมีหอยตายถึง 10% จึงหยุดการทดลอง
แล้ววิเคราะห์ข้อมูลได้ผลดังนี้

**1. อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการ
เปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ คำนวณความสมบูรณ์ของหอยทาง
การค้า และผลผลิตของหอย** ดังแสดงในตารางที่ 1

- หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก
เฉลี่ยในช่วง 0.017 – 0.021 เซนติเมตร/วัน โดยชุดการ
ทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซนมีอัตราการ
เจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนชุดการ

ทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีอัตราการเจริญเติบโตโดย
ความยาวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด และแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น

- อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยเฉลี่ย
อยู่ในช่วง 0.022 – 0.031 กรัม/วัน โดยชุดการทดลองที่ใช้
ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซนมีอัตราการเจริญเติบโต
โดยน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนชุดการทดลองที่ใช้ระบบ
เปิดน้ำไหลผ่านตลอดเปิดเมื่ออัตราการเจริญเติบโตโดย
น้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด และในแต่ละชุดการทดลองมีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

- อัตราการรอดตายของหอยเฉลี่ยอยู่ในช่วง
61.18 – 84.71% โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ
มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนชุดการทดลองที่ใช้
ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีอัตราการรอดตายของหอย
เฉลี่ยสูงสุด และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ
ร่วมกับการใช้ไอโซน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับอีก 2 ชุดการทดลอง

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ คำนวณความสมบูรณ์ของหอย
ทางการค้า และผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น
(เปลือกยาว 1 เซนติเมตร) เป็นเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

พารามิเตอร์ \ ชุดการทดลอง*	T1	T2	T3	T4
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก (ซม./วัน)	0.019 \pm 0.001 ^b	0.021 \pm 0.001 ^c	0.017 \pm 0.001 ^a	0.019 \pm 0.001 ^b
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (ก./วัน)	0.031 \pm 0.000 ^d	0.026 \pm 0.000 ^b	0.022 \pm 0.000 ^a	0.028 \pm 0.001 ^c
อัตราการรอดตาย (%)	84.71 \pm 5.56 ^b	61.18 \pm 13.83 ^a	63.73 \pm 6.74 ^a	70.98 \pm 4.76 ^{ab}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	0.84 \pm 0.01 ^a	1.34 \pm 0.15 ^c	1.08 \pm 0.03 ^b	0.99 \pm 0.04 ^b
คำนวณความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า (%)	73.21 \pm 4.17 ^{ab}	77.20 \pm 3.17 ^b	68.11 \pm 5.21 ^a	72.76 \pm 4.32 ^{ab}
ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น (ก./ตร.ม.)	913.71 \pm 100.98 ^b	542.66 \pm 236.52 ^a	480.71 \pm 201.78 ^a	681.14 \pm 89.10 ^{ab}

* T1 = ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด T2 = ระบบกรองชีวภาพ
T3 = ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซน T4 = ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซน
ในแนวนอน ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.84 – 1.34 โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยสูงสุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น

- ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 68.11 – 77.20% โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซนมีดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าเฉลี่ยสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซน

- ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 480.71 – 913.71 กรัม/ตารางเมตร โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซนมีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำ

ไหลผ่านตลอดมีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซน

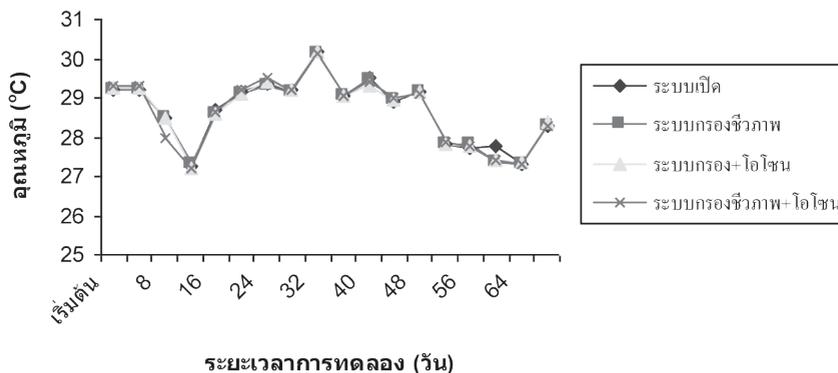
2. คุณภาพน้ำ

- อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 27.23 – 30.17 °C โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซนมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 1)

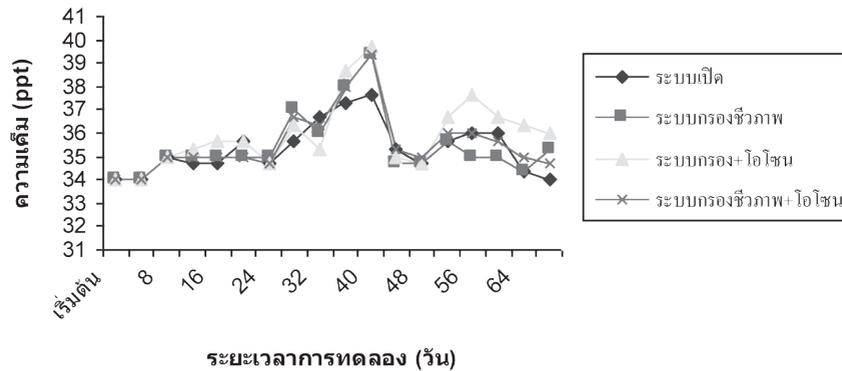
อุณหภูมิของน้ำทุกชุดการทดลองอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน ซึ่งอยู่ในช่วง 25 – 30 °C [3, 14, 15]

- ความเค็มของน้ำอยู่ในช่วง 34.00 – 39.67 ppt โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเค็มของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซนมีความเค็มของน้ำเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 2)

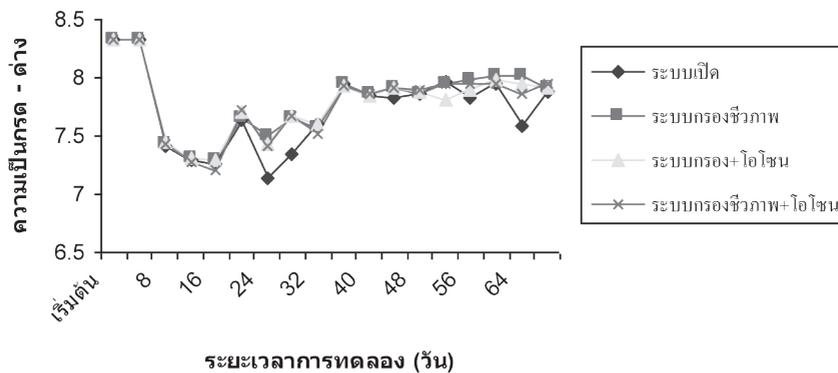
การที่ความเค็มของน้ำสูงขึ้นในบางเวลาอาจเกิดจากการระเหยของน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิของบรรยากาศในห้องทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันสูง และเป็นช่วง



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน



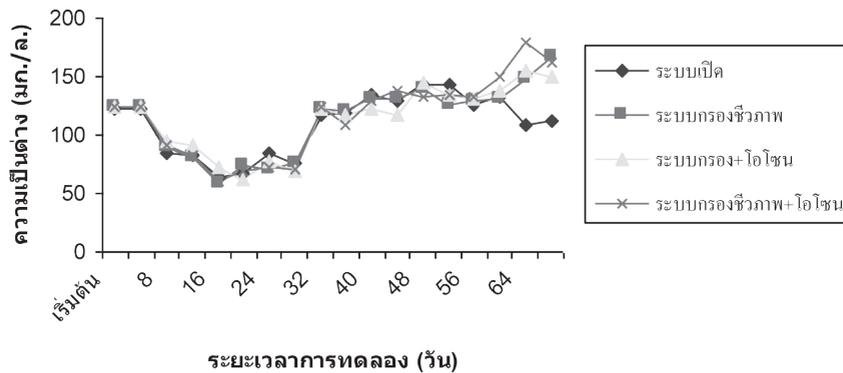
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด - ด่างของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

สิ่งๆที่ความเค็มของน้ำมีค่าสูงกว่าระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานซึ่งควรมีความเค็มอยู่ในช่วง 25 - 35 ppt [4, 16] โดยมีการเติมน้ำประปาที่พักไว้เพื่อลดความเค็มทันทีที่ตรวจพบ

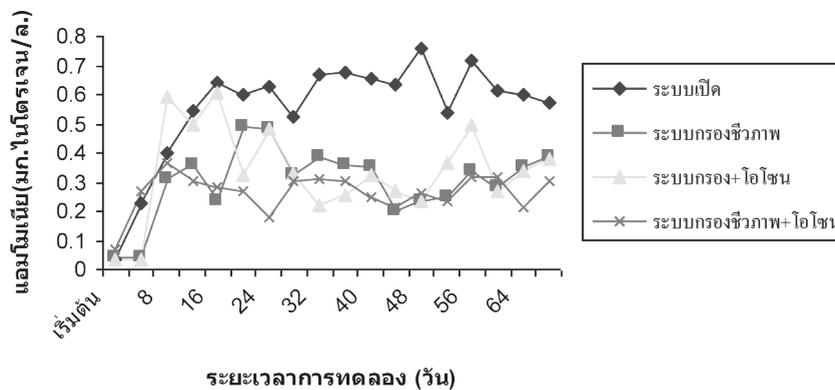
- ความเป็นกรด - ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 7.21 - 8.33 โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเป็นกรด - ด่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความเป็นกรด - ด่างของ

น้ำเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 3) ทั้งนี้ความเป็นกรด - ด่างของน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสมคืออยู่ในช่วง 6 - 9 [17]

- ความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 58.33 - 178.67 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความเป็นด่างของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

บางช่วงความเป็นด่างของน้ำลดลงต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานซึ่งควรอยู่ในช่วง 100 – 120 มก./ล. [4] เนื่องจากลูกหอยหวานใช้ในการสร้างเปลือก และในชุดการทดลองที่ใช้โอโซนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โอโซนจะลดแอมโมเนียและผลิต H^+ ซึ่งจะลดความเป็นด่างในอัตรา 4.2 ppm ของความเป็นด่าง/1 ppm NH_3-N [18]

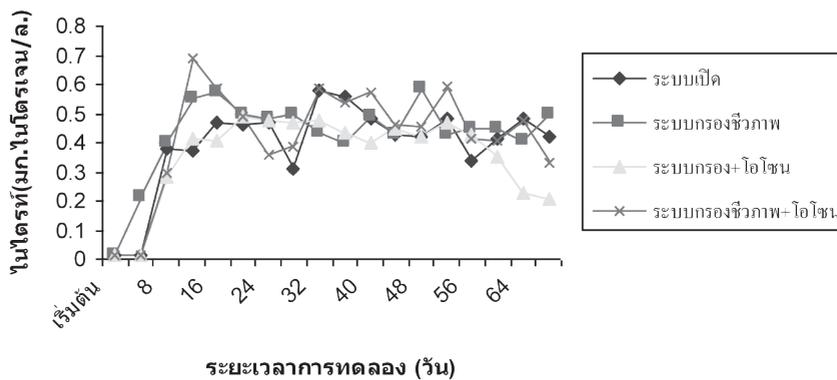
- ความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำอยู่ในช่วง 0.140 – 0.813 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของแอมโมเนียเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเข้มข้นของแอมโมเนียเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 5)

ทุกชุดการทดลองความเข้มข้นของแอมโมเนียมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานซึ่งควรมีไม่เกิน 1 มก.ไนโตรเจน/ล. [4]

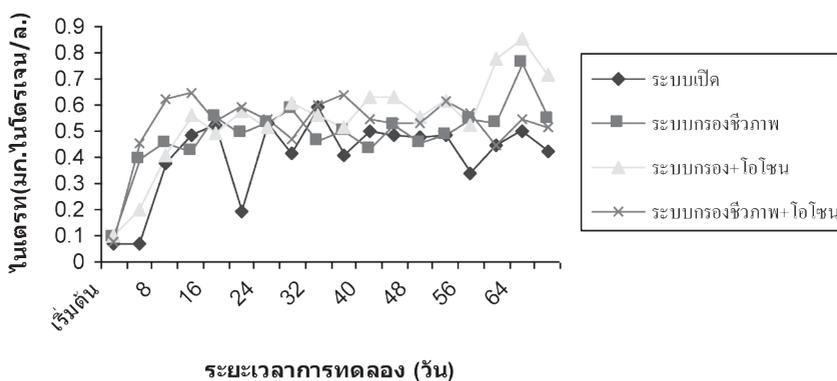
- ความเข้มข้นของไนโตรเจนของน้ำอยู่ในช่วง 0.012 – 0.421 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซนมีความเข้มข้นของไนโตรเจนเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความเข้มข้นของไนโตรเจนเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 6)

ทุกชุดการทดลองความเข้มข้นของไนเตรทที่มีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานซึ่งควรมีไม่เกิน 4.5 มก.ไนโตรเจน/ล. [4]

- ความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำอยู่ในช่วง 0.145 – 0.687 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเข้มข้นของไนเตรทเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซนมีความเข้มข้นของไนเตรทเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน



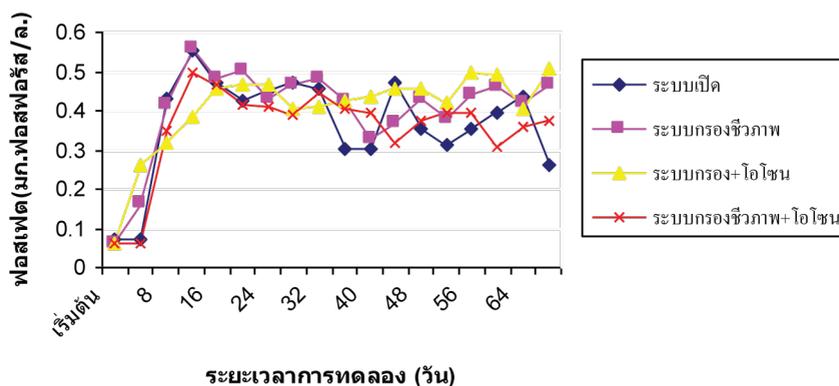
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

ทุกชุดการทดลองความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำก็ต่อเมื่อมีค่าสูงกว่า 1,000 มก. ไนโตรเจน/ล. [19]

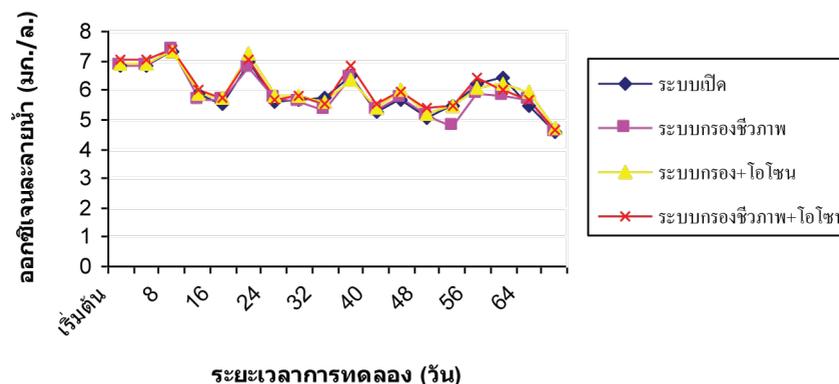
- ความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำอยู่ในช่วง 0.059 – 0.558 มก.ฟอสฟอรัส/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของฟอสเฟตเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบ

กรองร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของฟอสเฟตเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 8)

- ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 4.60 – 7.40 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน



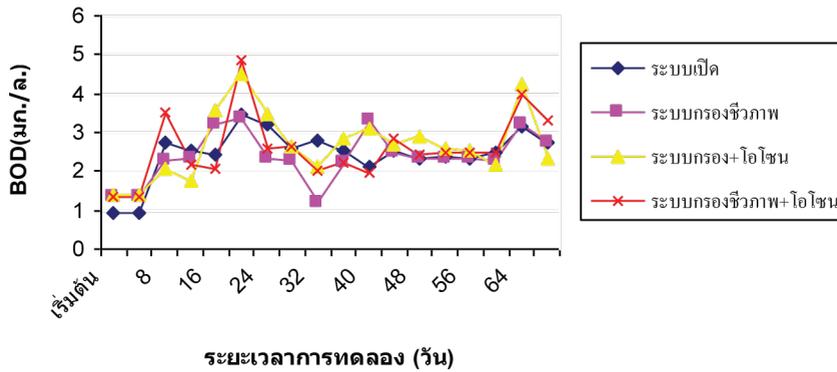
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

ทุกชุดการทดลองมีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานซึ่งควรมีไม่น้อยกว่า 4.00 มก./ล. [4]

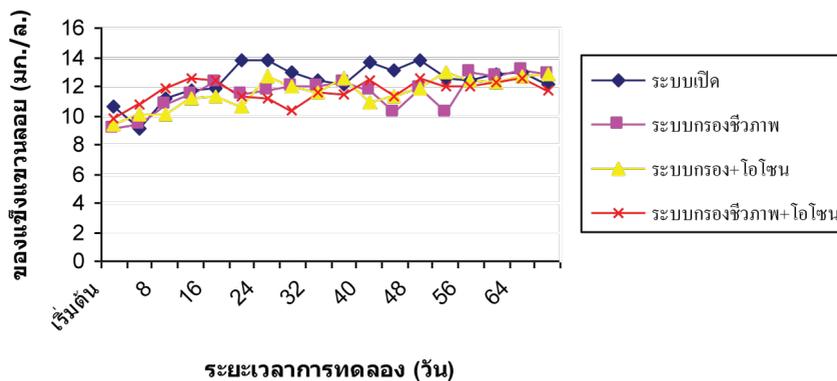
- ค่า BOD ของน้ำอยู่ในช่วง 1.21 – 4.84 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีค่า BOD เฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้อิโชนมีค่า BOD เฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 10)

- ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 9.16 – 13.74 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 11)

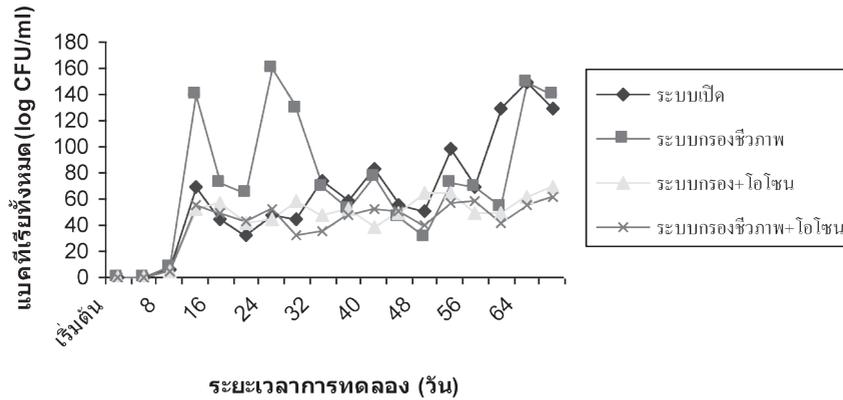
- ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง $4.3 \times 10^4 - 7.8 \times 10^4$ CFU/ml โดยชุดการทดลองที่ใช้



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 12)

ในชุดการทดลองที่ใช้โอโซนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำจะมีปริมาณแบคทีเรียน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ใช้โอโซน สอดคล้องกับมันสัน [20] และสุรพล [21] ที่รายงานว่า โอโซนใช้ป้องกันและกำจัดเชื้อโรคที่ปะปนอยู่ในน้ำ โดยเมื่อใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ในการผลิตโอโซน จะได้ไอออนบางชนิด เช่น OH^- ซึ่งมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา ทำให้มีส่วนสำคัญในการฆ่าเชื้อโรค [22]

สรุปผลการวิจัย

ในการใช้ระบบกรองน้ำเพื่อเลี้ยงหอยหวาน พบว่าการใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากให้ผลผลิตสูง หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเท่ากับ 0.019 เซนติเมตร/วัน อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.028 กรัม/วัน อัตราการรอดตายเท่ากับ 70.98% อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 0.99 ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น

เท่ากับ 681.14 กรัม/ตารางเมตร นอกจากนี้ ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทเฉลี่ยตลอดการทดลองก็อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน และเป็นระบบการเลี้ยงที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสงขลา ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Carpenter, K.E. and Niem, V.H. (eds.). (1998). **The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Volume 1. Seaweeds, Corals, Bivalves and Gastropods.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [2] Poomtong, T. and Nhongmeesub, J. (1996). Spawning, larval and juvenile rearing of babylon snail (*Babylonia areolata*, L) under laboratory

- conditions. **Phuket Mar. Cen. Spec. Publ.** **16**, 137 – 142.
- [3] Chaitanawisuti, N. and Kritsanapuntu, A. (1997). Laboratory spawning and juvenile rearing of the marine gastropod : Spotted babylon. *Babylonia areolata* Link 1807 (Neogastropoda: Buccinidae) in Thailand. **J. Shellfish Res.** **16**, 31 – 37.
- [4] นิลนาจ ชัยชนาวีสุทธิ และสิริษา กฤษณะพันธุ์. (2540). คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน: หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] พรเลิศ จันทร์รัชชกุล, เจ เอฟ เทอร์นบอด และชลอ ลิมสุวรรณ. (2537). คู่มือการเลี้ยงและการป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง.
- [6] ชูสินธุ์ ชนะสิทธิ์. (2550). การเลี้ยงหอยเป่าอี้อะยะวัยรุ่นโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [7] Sasaki, K. and Sawada, Y. (1980). Determination of ammonia in estuary. **Bull. Jap. Soc. Sei. Fish.** **46**, 319 – 321.
- [8] Bendschneider, K. and Robinson, J.R. (1952). A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in seawater. **J. Mar. Res.** **11**, 87 – 96.
- [9] APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. (1980). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 15th ed. New York: American Public Health Publishers.
- [10] Boyd, C.E. and Tucker, C.S. (1992). **Water Quality and Ponds Soil Analyses for Aquaculture**. Alabama: Auburn University.
- [11] ภาควิชาจุลชีววิทยา. (2535). คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทั่วไป. สงขลา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [12] มนต์ทิพย์ เทียนสุวรรณ. (2536). ชีวสถิติและระเบียบวิธีวิทยาการวิจัย. สงขลา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [13] วิไลวรรณ บรรณรัตน์. (2540). ชีววิทยาและการเลี้ยงหอยชายฝั่ง. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [14] รัตนา มั่นประสิทธิ์ และประวิม วุฒิสินธุ์. (2531). การศึกษาเบื้องต้นในการเพาะเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*). เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 8. ระยอง: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก, กองประมงทะเล, กรมประมง.
- [15] นิพนธ์ ศิริพันธ์ และลือชัย ธรรมชู. (2543). การทดลองเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link 1807). **ว.การประมง** **53**, 541 – 557.
- [16] Patterson, J.K., Shanmugaraj, J.T. and Ayyakkannu, K. (1994). Salinity tolerance of *Babylonia spirata* (Neogastropoda: Buccinidae). **Phuket Mar. Cen. Spec. Publ.** **13**, 95 – 97.
- [17] มั่นสิน ตันกุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. (2539). การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [18] นิวุฒิ หวังชัย, จิราพร โรจน์ทินกร, ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล, ประจวบ ฉายบุญ, อภินันท์ สุวรรณรักษ์, เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, ชุมพล ศรีทอง และ Masatoshi Matsumura. (2547). การพัฒนาระบบการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยแบบหนาแน่นโดยใช้ไอโซนปรับปรุงคุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- [19] Colt, J. (2006). Water quality requirements for reuse systems. **Aquacult. Eng.** **34**, 143 – 156.

- [20] มั่นสิน ตันทุลเวศม์. (2542). **วิศวกรรมการประปา เล่ม 2**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [21] สุรพล รักปทุม. (2543). **โอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม**. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. กรุงเทพฯ: บริษัทไปโอสเปคตรัม (ประเทศไทย) จำกัด.
- [22] Cross, V.K. and Peterson, L. (1987). Efficacy of ultraviolet water treatment at the Green Lake, Maine, National Fish Hatchery. **Prog. Fish – Cult.** **49**, 233 – 235.