



ระบบน้ำและความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*)

The Appropriate Water System and Stocking Densities for Spotted Babylon

(*Babylonia areolata*) Culture

พนม สินวรพันธุ์

Panom Sinworaphan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Aquatic Science

Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ระบบน้ำและความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน
 (*Babylonia areolata*)
ผู้เขียน นายพนม สีนวรพันธุ์
สาขาวิชา วาริชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
(ดร.พุทธ ส่องแสงจินดา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ) (รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	ระบบน้ำและความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน (<i>Babylonia areolata</i>)
ผู้เขียน	นายพนม สนิวรพันธุ์
สาขาวิชา	วาริชศาสตร์
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

เพื่อหากระบบน้ำและความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*) จึงทำการทดลอง 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ (1) ศึกษากระบบน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์ และ (2) ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน โดยทำการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสงขลา ซึ่งหอยหวานที่นำมาใช้ในการทดลองมีความยาวเปลือกเริ่มต้น 1.026 – 1.047 ซม. (การทดลองที่ 1) และ 0.840 – 0.867 ซม. (การทดลองที่ 2) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ การทดลองใช้ตู้กระจกขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 45 x 75 x 45 ซม. ภายในตู้ทดลองใส่ทรายทะเลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดทรายประมาณ 0.2 มม. ชั้นทรายมีความหนาประมาณ 10 ซม. บรรจุน้ำทะเลตู้ละ 100 ล. และให้หอยกินเนื้อปลาหลังเขียว (*Amblygaster sirm*) เป็นอาหาร

การทดลองที่ 1 ศึกษากระบบน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์ โดยใส่หอยในตู้ทดลองจำนวน 12 ตู้ ๆ ละ 170 ตัว (ความหนาแน่นเท่ากับ 500 ตัว/ตร.ม.) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 68 วัน แบ่งระบบน้ำออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ทุกชุดการทดลองน้ำทะเลจะไหลผ่านตลอดด้วยอัตรา 2.25 ล./ชม. โดยชุดการทดลองที่ 1 ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพ ชุดการทดลองที่ 3 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และชุดการทดลองที่ 4 ใช้ระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานมากที่สุด เพราะหอยมีอัตราการรอดตาย (70.98%) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต (0.99) และผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น (681.14 ก./ตร.ม.) ดีเกือบที่สุดเป็นรองจากชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดเท่านั้น แต่ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีต้นทุนการผลิต (250.33 บ./ตร.ม.) ต่ำกว่าการใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นด่าง ไนโตรเจน ฟอสเฟต และ

BOD ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แอมโมเนียและของแข็งแขวนลอยในชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ($p < 0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 68 วัน แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ประกอบด้วย ความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. พบว่า การเลี้ยงหอยหวานในระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนที่ระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. มีความเหมาะสมที่สุด เพราะหอยมีอัตราการรอดตาย (80.26%) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต (1.66) และผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น (1,344.30 ก./ตร.ม.) สูงสุด

Thesis Title	The Appropriate Water System and Stocking Densities for Spotted Babylon (<i>Babylonia areolata</i>) Culture
Author	Mr.Panom Sinworaphan
Major Program	Aquatic Science
Academic Year	2008

ABSTRACT

The research aimed to study the optimal water system and stocking density in *Babylonia areolata* culture. The study was divided into 2 experiments; the first one studied the optimal water system to culture juvenile *B. areolata* at commercial density and the second one studied the optimal stocking density to culture *B. areolata* at Songkhla Coastal Fisheries Research and Development Center. *B. areolata* with shell length of 1.026 – 1.047 cm and *B. areolata* with shell length of 0.840 – 0.867 cm were tested in both experiments respectively. The research methodology was done by Completely Randomized Design of 3 replicates. *B. areolata* was cultured in 100 l glass aquarium (45 x 75 x 45 cm) containing 10 cm thick sea sand grains with the diameter of 0.2 mm and fed with *Amblygaster sirm*.

In the first experiment, 170 *B. areolata* were raised in each of 12 aquariums for 68 days (stocking density: 500 *B. areolata* / m²). *B. areolata* were experimented in different four water systems but the same water exchange rate at 2.25 l / hour; 1) water flow – through system, 2) water recycling system and treated by biofiltration system, 3) water recycling system and treated by filter system with ozone and 4) water recycling system and treated by biofiltration system with ozone. The results were found that biofiltration system with ozone is the most optimal *B. areolata* culture because of the high survival rate (70.98%), feed conversion ratio (0.99) and production rate (681.14 g/m²), next to the flow – through system. However, the cost of production (250.33 Baht/m²) in the experiment with biofiltration system with ozone was lower than 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).

In the second experiment, to study the optimal density of *B. areolata* for culture in the system using biofiltration system with ozone to treat water, *B. areolata* were raised in glass aquarium for 68 days under 4 stocking densities: 250, 500, 750 and 1000 shell/m². The optimal density was found in the stocking density of 750 shell/m² based on the highest survival rate (80.26%), FCR (1.66) and production (1344.30 g/ m²).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่อาจสำเร็จลงได้โดยข้าพเจ้าเพียงคนเดียว หากไม่มีบุคคลเหล่านี้ซึ่งล้วนเป็นผู้มีพระคุณที่ควรค่าแก่การยกย่องและกล่าวถึง

ขอขอบคุณ รศ.ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ให้คำแนะนำ การแก้ไขตรวจสอบข้อบกพร่อง และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ชี้แนะ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคุณคุณหิรัญ กังแฮ ในการให้คำปรึกษาหัวข้อวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณคุณ กอบศักดิ์ เกตุเหมือน และคุณชูสินธุ์ ชนะสิทธิ์ ในการให้คำปรึกษาออกแบบระบบน้ำในการทดลอง

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสงขลา ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวาริชศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเอกสาร คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน และน้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ เป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นแรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ เป็นห่วงดูแล รวมทั้งคำสั่งสอนดีๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม มา ณ ที่นี้ ในการให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ รวมทั้งเป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

พนม ลินวรพันธุ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการภาพ	(9)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำตั้งเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	15
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	15
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	16
2.1 วัสดุ อุปกรณ์	16
2.2 วิธีการวิจัย	17
3. ผลการทดลอง	24
4. วิจารณ์	81
5. สรุป และข้อเสนอแนะ	87
เอกสารอ้างอิง	89
ภาคผนวก	96
ก. ตารางข้อมูลคุณภาพน้ำ และการเจริญเติบโตของหอยหวาน	97
ข. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	117
ประวัติผู้เขียน	128

รายการภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะทั่วไปของหอยหวาน	3
2 หอยหวานระยะ veliger larvae	3
3 การกินอาหารของหอยหวาน	4
4 ลักษณะหอยหวานเพศผู้และเพศเมีย	4
5 ลักษณะฝักไข่ของหอยหวาน	5
6 วงชีวิตของหอยหวาน	6
7 บ่อบำบัดระบบปิดน้ำหมุนเวียนชีวภาพ	8
8 เครื่องผลิตโอโซนโดยวิธี Corona electric discharge	13
9 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เตรียมระบบน้ำ (ก.) และระบบน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์ (ข.)	18
10 ปลาหลังเขียว (<i>Amblygaster sirm</i>) ที่ใช้เป็นอาหารลูกหอย	20
11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	24
12 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	25
13 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่างของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	26
14 การเปลี่ยนแปลงความเป็นต่างของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	26
15 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	27
16 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์ของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	28
17 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	29
18 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	30

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
19 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	31
20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	32
21 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	33
22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน	34
23 ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	35
24 อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	36
25 น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	36
26 อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	37
27 อัตราการรอดตายในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	38
28 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	39
29 ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ของหอยทางการค้าในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	39

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
30 ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	49
31 ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะ วัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	50
32 ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	51
33 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	52
34 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	53
35 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่างของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความ หนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	54
36 การเปลี่ยนแปลงความเป็นต่างของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความ หนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	55
37 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	56
38 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับ ความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	57
39 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับ ความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	58
40 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับ ความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	59
41 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	60
42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความ หนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	61

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
43 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	62
44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน	63
45 ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	64
46 อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	65
47 น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	66
48 อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	67
49 อัตราการรอดตายในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	68
50 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	69
51 ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	70

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
52	ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	78
53	ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	79
54	ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)	80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

หอยหวาน (spotted babylon) หรือหอยตุ๊กแก หอยน้ำผึ้ง มีการเพาะเลี้ยงและจับจากแหล่งธรรมชาติ มีหลายชนิดด้วยกันเช่น *Babylonia areolata* และ *B. spirata* (Carpenter and Niem, 1998) หอยหวานเป็นหอยฝาเดียวที่นิยมบริโภคทั้งภายในและต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศในแถบเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น ฮองกง ไต้หวัน ราคาทั่วโลกประมาณ 220 – 300 บ. ซึ่งเป็นราคาที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับสัตว์น้ำอื่น ๆ หอยหวานสามารถวางไข่ได้ในบ่อซีเมนต์ (Poomtong and Nhongmeesub, 1996) และสามารถเลี้ยงในลักษณะครบวงจร โดยอนุบาลลูกหอยที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงจนเป็นพ่อแม่พันธุ์ ผสมพันธุ์และวางไข่ได้ในรุ่นต่อไป (Chaitanawisuti and Krisanapuntu, 1997) ปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์น้ำเกือบทุกชนิดมีการพัฒนาจนอยู่ในเชิงพาณิชย์ นั่นคือมีการปล่อยที่ความหนาแน่นสูง ทำให้ประสบกับสภาพปัญหาคุณภาพน้ำ ในหอยหวานเมื่อลูกหอยหวานเข้าสู่ระยะลงพื้น (settled juvenile) จะให้เนื้อปลาข้างเหลืองในลักษณะเนื้อติดก้างเป็นอาหาร (นิลนาจ และศิรญา, 2540) เศษอาหารที่เหลือและสิ่งขับถ่ายจะทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง ทำให้ลูกหอยเครียดและอ่อนแอส่งผลให้เกิดโรคได้ง่ายขึ้น (พรเลิศ และคณะ, 2537) ระบบการเลี้ยงหอยหวานในปัจจุบันใช้ระบบน้ำทะเล 3 แบบ คือ ระบบน้ำนิ่ง (static seawater system), ระบบน้ำไหลผ่านตลอด (flow-through seawater system) และระบบน้ำทะเลหมุนเวียน (recirculating seawater system) ระบบน้ำนิ่งจะมีปัญหาและข้อจำกัด คือ มีปริมาณของอินทรีย์สารที่เกิดจากการขับถ่ายและเศษอาหารที่เหลือในบ่อเลี้ยงจะเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาของการเลี้ยงหอยหวาน แต่ปริมาณแคลเซียมและแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำทะเลในบ่อเลี้ยงจะลดลงและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเปลือกของหอยหวาน สำหรับระบบน้ำไหลผ่านตลอดจะมีปัญหาและข้อจำกัด คือ ใช้น้ำทะเลในปริมาณมากและต้องมีการไหลผ่านของน้ำตลอดเวลาหรืออย่างน้อย 12 ชม.ต่อ 3 วัน นอกจากนี้ น้ำทะเลที่ใช้จะต้องมีคุณภาพดีและความเค็มคงที่ปราศจากสารมลพิษต่างๆ หรือโรคพื้นที่ใช้เลี้ยงต้องอยู่ใกล้ทะเลหรือคลองส่งน้ำทะเล และมีต้นทุนสูงในเรื่องค่าใช้จ่ายด้านกระแสไฟฟ้าและแรงงาน ส่วนระบบน้ำทะเลหมุนเวียนเป็นวิธีการนำน้ำทะเลกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ และเป็นการใช้ประโยชน์จากน้ำทะเลให้มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุด ซึ่งบ่อเลี้ยงระบบน้ำทะเลหมุนเวียนแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ บ่อเลี้ยงหอย (rearing tank) และบ่อกรองชีวภาพ (biofilter tank) โดยในบ่อกรองชีวภาพจะมีการบำบัดอินทรีย์สารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้ลดลงอยู่ในเกณฑ์ปกติ (นิลนาจ

และศิรุษา, 2540) นอกจากนี้การเลี้ยงหอยเป่าสื้อได้มีการพัฒนาโดยใช้ระบบการกรองร่วมกับการใช้โอโซน ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ดี และเป็นการเพิ่มผลผลิตให้หอยเป่าสื้อ (ชูสินธุ์, 2550) ดังนั้นการพัฒนาระบบน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน โดยการประยุกต์ใช้การกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน อาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปริมาณของเสียในระบบการเลี้ยง และเป็นการเพิ่มผลผลิตในการเลี้ยงหอยหวาน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาระบบน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน และอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน ซึ่งงานวิจัยนี้อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ ลดการเกิดโรค เป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตและให้ผลตอบแทนสูงขึ้นในการพัฒนาระบบการเลี้ยงหอยหวานในเชิงพาณิชย์ของประเทศในอนาคต

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ออนุกรมวิธานของหอยหวาน

หอยหวานจัดอยู่ใน (Seed, 1983)

Phylum Mollusca

Class Gastropoda

Order Neogastropoda

Family Buccinidae

Genus *Babylonia*

Species *areolata*

1.2.2 ชีววิทยาของหอยหวาน

1) ลักษณะทั่วไป

หอยหวานเป็นหอยฝาเดียว มีเปลือกค่อนข้างหนา รูปไข่ ผิวเรียบ เปลือกมีพื้นสีขาว และมีแฉกสี่เหลี่ยมสีน้ำตาลดำขนาดใหญ่ เรียงเป็นแถว 3 แถว บนวงลำตัว (body whorl) บริเวณปลายสุดของเปลือกจะแหลม โดยส่วนหัวจะขดเป็นเกลียว (spire) และมีร่องที่ไม่ลึกมากนัก ฝาปิด (operculum) เป็นรูปทรงไข่ที่สามารถปิดช่องลำตัวได้อย่างสนิท มีขนาด 1 คู่ ตา 1 คู่ มีท่อ (siphon) ใช้ในการคายน้ำ มีงวงยาว (proboscis) ซึ่งส่วนปลายมีปากและแผงฟันในการกินอาหาร โดยหอยหวานจะยื่นปลายท่อไปยังอาหารและส่งน้ำย่อยออกไปและดูดอาหารกลับทางท่อเข้าร่างกาย มีเท้าขนาดใหญ่ใช้สำหรับเคลื่อนที่ (นิลนาจ, 2545) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของหอยหวาน

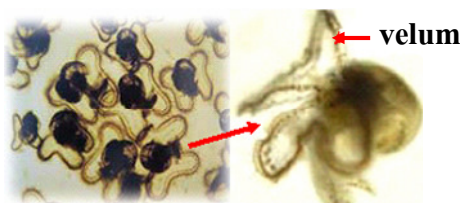
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2547)

2) แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย

หอยหวานอาศัยบริเวณทะเลชายฝั่งที่เป็นทรายหรือทรายปนโคลน ความลึกประมาณ 5 – 20 ม. มีการแพร่กระจายอยู่ทั้งฝั่งอ่าวไทย เช่น ตราด ระยอง จันทบุรี ชลบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และฝั่งอันดามัน เช่น กระบี่ ระนอง และสตูล (นิพนธ์ และจรัญ, 2543)

3) อาหารและการกินอาหาร

หอยหวานมีระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์ (complete digestive tract) ซึ่งประกอบด้วย ปาก หลอดอาหาร กระเพาะ ลำไส้และทวารหนัก พฤติกรรมการกินอาหารของหอยหวาน แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามช่วงชีวิต คือลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน (veliger larvae) เป็นสัตว์ที่มีการดำรงชีพแบบแพลงก์ตอน (plankton) ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำและกินอาหารด้วยการกรอง (filter feeding) โดยลูกหอยหวานมีอวัยวะคล้ายแปรงเป็นวงที่เรียกว่า (velum) สำหรับโบกพัดน้ำทะเลเข้าสู่ช่องปากและกรองกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร (ภาพที่ 2) สำหรับลูกหอยหวานระยะลงพื้นจนถึงตัวเต็มวัยเป็นสัตว์ที่มีการดำรงชีพบนพื้นทะเลและกินเนื้อเป็นอาหาร (carnivorous) โดยหอยหวานกินซากสัตว์ที่ตายแล้วทั้งที่อยู่ในสภาพสดและไม่สดเป็นอาหาร หอยหวานมีต่อมน้ำลายสำหรับสร้างน้ำย่อยและส่งออกมาทางงวง (proboscis) (ภาพที่ 3) เป็นการย่อยอาหารภายนอก ร่างกายแล้วดูดเข้าไปภายในร่างกาย งวงสามารถยืดยาวได้ 8 – 10 ซม. (นิลนาจ และวรรณณี, 2547)



ภาพที่ 2 หอยหวานระยะ veliger larvae

ที่มา: บังอร และคณะ (2548)



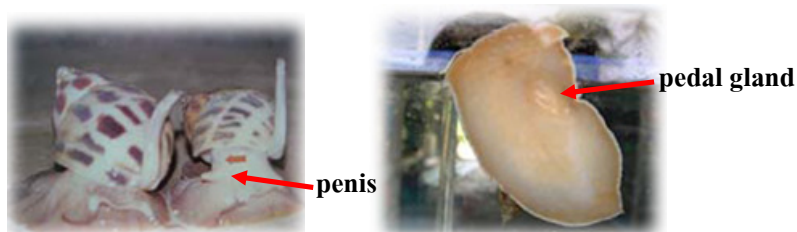
Proboscis

ภาพที่ 3 การกินอาหารของหอยหวาน

ที่มา: บังอร และคณะ (2548)

4) การสืบพันธุ์

การปฏิสนธิของหอยหวานเป็นแบบภายใน (internal fertilization) ก่อนผสมพันธุ์ จะมีการจับคู่ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย หอยเพศผู้ใช้ penis สอดลงไปช่องเปิด vagina ของเพศเมีย ไข่จะได้รับการผสมกับน้ำเชื้อและปฏิสนธิในท่อนำไข่ และถูกห่อหุ้มด้วยเปลือก ก่อนถูกปล่อยออกสู่ภายนอก ตัวเมียมี pedal gland (ภาพที่ 4) ทำหน้าที่ผลิตเมือกสำหรับใช้ยึดไข่ติดกับวัสดุ (พูนสิน, 2539)



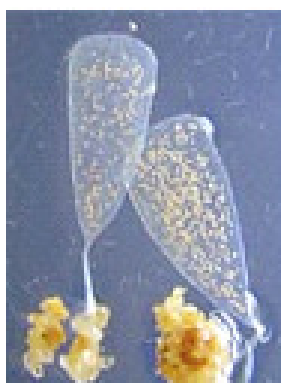
ภาพที่ 4 ลักษณะหอยหวานเพศผู้และเพศเมีย

ที่มา: พูนสิน (2539)

5) การวางไข่และวิวัฒนาการของลูกหอยวัยอ่อน

หลังจากพ่อแม่พันธุ์ได้ผสมกันแล้ว แม่พันธุ์จะวางไข่ในตอนกลางคืนถึงเช้ามีด โดยออกไข่เป็นฝัก (egg capsule) ยึดติดพื้นบ่อเป็นกลุ่มแถว (ภาพที่ 5) แม่หอย 1 ตัว จะออกไข่ได้ครั้งละ 20 – 70 ฝัก โดยฝักไข่มีความกว้างเฉลี่ย 10.32 มม. และความยาวเฉลี่ย 29.31 มม. (รัตนา และประวิม, 2531) ไข่ 1 ฝักมีไข่ประมาณ 331 – 832 ฟอง เฉลี่ย 543.25 ฟอง (นิพนธ์ และจรรย์, 2543) ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 430 ไมครอน ไข่ที่อยู่ในถุงจะเริ่มทำการแบ่งเซลล์จนถึงระยะ trochophore larva (ตัวอ่อนระยะที่ 2) มีเปลือกวงแรกและมี velum 1 คู่ พัดเคลื่อนไหวอยู่ในฝักไข่ ซึ่งจะใช้เวลาอยู่ในฝักอีก 5 – 6 วัน ฝักไข่จึงจะเปิดออกทางช่องเปิดด้านบนปล่อยให้ veliger larva ว่ายน้ำออก ลูกหอยระยะนี้มีขนาดประมาณ 400 – 500 ไมครอน ใช้ velum สำหรับการเคลื่อนที่และพัดโบกอาหารเข้าสู่ปาก ลูกหอยอยู่ในระยะ veliger ประมาณ 8 วัน ใน

ระหว่างนี้ลูกหอยจะมีขนาดใหญ่ velum ลดขนาดลงและเริ่มจมตัวลงสู่พื้น มีรูปร่างเหมือนตัวเต็มวัย มีขนาดความยาวเปลือกประมาณ 1 – 2 มม. และจะเปลี่ยนนิสัยการกินอาหารจากแพลงก์ตอนพืชไปเป็นพวกเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อปลาหรือเนื้อหอย การเลี้ยงลูกหอยหวานเริ่มตั้งแต่ออกจากฝักไข่จนเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลา 6 – 10 เดือน หอยจะเริ่มวางไข่ผสมพันธุ์ได้ (นิลนาจ, 2545)

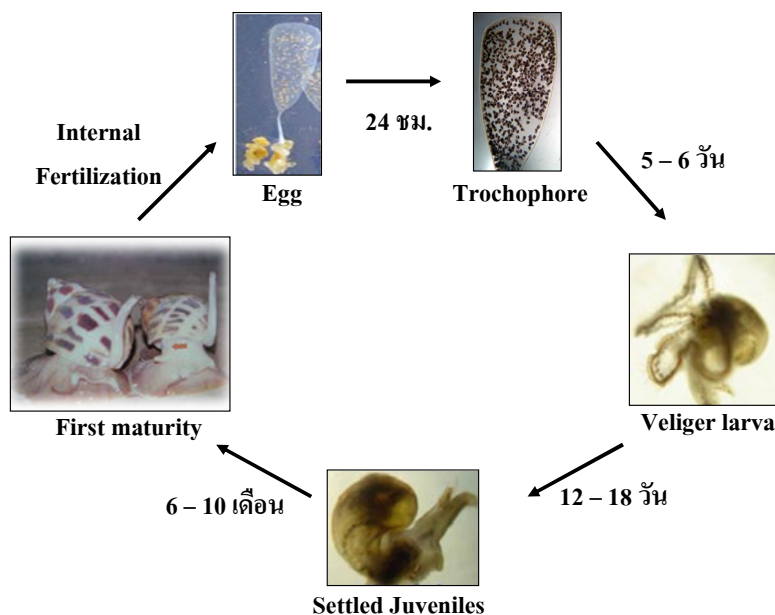


ภาพที่ 5 ลักษณะฝักไข่ของหอยหวาน

ที่มา: รัตนา และประวิม (2531)

นิลนาจ และศิรุษยา (2540) ศึกษาการอนุบาลลูกหอยหวานระยะวัยอ่อน (veliger larvae) ในถังขนาด 500 ล. โดยปรับความหนาแน่นของลูกหอยในถังเลี้ยงลูกหอยระยะวัยอ่อนให้ได้ความหนาแน่น ประมาณ 400 – 500 ตัว/ล. โดยเริ่มให้อาหารตั้งแต่วันที่ลูกหอยระยะวัยอ่อนฟักออกจากฝักไข่ อาหารของลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนได้แก่แพลงก์ตอนพืชชนิดเซลล์เดียวได้แก่ *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Tetraselmis* sp. และ *Chlorella* sp. ลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย 87.0 ไมครอน/วัน (76.0 – 98.0 ไมครอน/วัน) ลูกหอยระยะวัยอ่อนบางส่วนที่มีอายุ ประมาณ 12 – 13 วัน จะเริ่มพัฒนาเป็นลูกหอยระยะลงพื้นและล่องลอยอยู่บริเวณใกล้พื้นของถังอนุบาล โดยลูกหอยหวานระยะวัยอ่อนสามารถเจริญเข้าสู่ลูกหอยหวานระยะลงพื้น (newly-settled juveniles) ภายในเวลาเฉลี่ย 15 วัน (12 – 18 วัน) (ภาพที่ 6) หลังฟักออกจากฝักไข่ ลูกหอยระยะลงพื้นมีความยาวเปลือกเฉลี่ย 1,500 ไมครอน (1,200 – 1,800 ไมครอน) โดยลูกหอยระยะนี้มีเปลือกและรูปร่างอย่างสมบูรณ์เหมือนพ่อแม่ทุกประการ และเริ่มลงคืบคลานบนพื้นและผนังถังอนุบาล ลูกหอยหวานระยะลงพื้น (ขนาดประมาณ 1 มม.) จะเริ่มเคลื่อนที่ไปมาอยู่บริเวณพื้นบ่อและเริ่มเกาะกินเนื้อปลาหรือเนื้อหอย หรือซากสัตว์อื่นๆ (จรัญ และคณะ, 2547) ลูกหอยหวานระยะลงพื้นสามารถเจริญเป็นหอยหวานระยะวัยรุ่น (juvenile) ความยาวเปลือกประมาณ 0.5 ซม. ภายในเวลาเฉลี่ย 17 วัน (14 – 20 วัน) ภายหลังจากลูกหอยลงคืบคลานบนพื้น โดยมีอัตราการเจริญเติบโตความยาวเปลือกเฉลี่ย 0.21 มม./วัน (0.18 – 0.25 มม./วัน) หลังจากนั้นจึง

เก็บรวบรวมและคัดขนาดหอยระยะวัยรุ่นเพื่อนำไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงจนถึงขนาดตลาดต้องการ (นิลนาจ และศิริษา, 2540)



ภาพที่ 6 วงชีวิตของหอยหวาน
ที่มา: นิลนาจ และศิริษา (2540)

1.2.3 ระบบการเลี้ยงหอยหวานในปัจจุบัน

ระบบการเลี้ยงหอยหวานในปัจจุบัน มีอยู่ 3 ระบบ คือ

1) ระบบน้ำนิ่ง

ระบบน้ำนิ่ง หมายถึง ระบบบ่อเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลในปริมาณที่เหมาะสม เช่น 100%, 80% หรือ 50% และภายในช่วงเวลาที่เหมาะสม (นิลนาจ และศิริษา, 2540)

2) ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด

ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด หมายถึง ระบบที่มีการไหลของน้ำใหม่เข้าสู่บ่อเลี้ยงและไหลออกจากบ่อเลี้ยงตลอดเวลาของการเลี้ยงด้วยอัตราการไหลที่กำหนด (มันสิน และไพพรรณ, 2539) นิลนาจ และอนุตร (2542) รายงานว่า การเลี้ยงลูกหอยหวานระยะลงพื้น (settled juvenile) ด้วยระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด ซึ่งมีอัตราการไหลประมาณ 300 ล./ชม. ผนังถ้ำเลี้ยงใช้ระบบน้ำฉีดฝอย พื้นบ่อปูด้วยทรายละเอียดที่มีความหนาประมาณ 0.2 ซม. ความหนาแน่นของลูกหอยที่เลี้ยงประมาณ 3,000 – 4,000 ตัว/ถังอนุบาลขนาด 1 x 1 x 0.8 ม. ซึ่งลูกหอยหวานมีอัตราการรอดตายสูงมากกว่า 90%

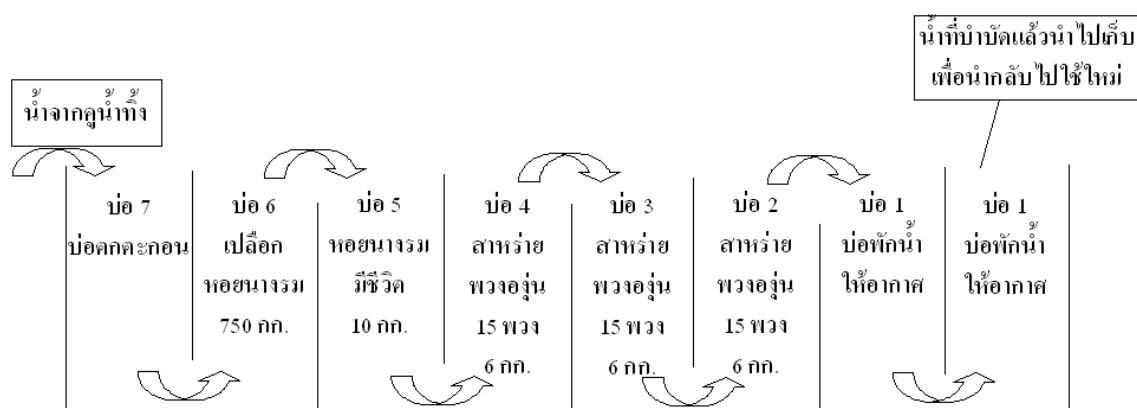
นิตนาจ และสิริษา (2540) ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นในบ่อเลี้ยงขนาด 3 x 4 x 0.8 ม. จำนวน 3 บ่อ หอยมีความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 12.80 มม. และน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.33 ก. ด้วยระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด จนได้หอยขนาดที่ตลาดต้องการ (หอยขนาด 120 ตัว/กก.) ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 6 เดือน โดยหอยหวานที่ได้มีความยาวเปลือกเฉลี่ย 34.30 มม. น้ำหนักเฉลี่ย 8.90 ก. อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ย 3.58 มม./เดือน อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ย 1.42 ก./เดือน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต 1.65 อัตราการรอดตายเฉลี่ย 90% และได้ผลผลิตรวมเฉลี่ย 49.20 กก./บ่อ

3) ระบบปิดน้ำหมุนเวียน

ระบบปิดน้ำหมุนเวียน หมายถึง ระบบที่มีการไหลผ่านของน้ำจากบ่อเลี้ยงเข้าสู่บ่อบำบัดและไหลกลับเข้าสู่บ่อเลี้ยง โดยหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดระยะเวลาของการเลี้ยง (มันสิน และไพพรรณ, 2539)

รัช และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงหอยหวานในบ่อซีเมนต์ระบบปิดน้ำหมุนเวียนชีวภาพ โดยปล่อยหอยเพศผู้และเพศเมียมีขนาดความยาว 6.18 ± 0.39 และ 6.08 ± 0.29 ซม. ความกว้าง 4.12 ± 0.23 และ 3.98 ± 0.10 ซม. น้ำหนัก 44.24 ± 5.08 และ 41.44 ± 2.60 ก. ตามลำดับ จำนวน 144 ตัว/บ่อ ในอัตราส่วนเพศผู้:เพศเมียเท่ากับ 1:1 ตัว บ่อซีเมนต์มีขนาด 1.5 x 1.5 x 0.4 ม. จำนวน 8 บ่อโดยมีการไหลของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วในอัตรา 5 ล./นาที ระบบปิดชีวภาพที่ใช้ในการบำบัดน้ำจากการเพาะเลี้ยงโดยน้ำที่ผ่านการเลี้ยงจะไหลลงสู่ถังแล้วลงในบ่อบำบัด โดยผ่านบ่อต่าง ๆ ดังนี้ ผ่านบ่อตกตะกอนซึ่งใส่ปลานิลแดง 5 ตัว และกุ้งแชบ๊วย 30 ตัว จากนั้นผ่านบ่อกรองซึ่งใช้เปลือกหอยนางรมจำนวน 750 กก. แล้วผ่านบ่อแวนหอยนางรมมีชีวิตจำนวน 20 พวงๆ ละ 500 ก. ผ่านบ่อสาหร่ายพวงอุ้งจำนวน 45 พวงๆ ละ 400 ก. และบ่อเพิ่มออกซิเจนตามลำดับ (ภาพที่ 7) น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วใช้ปั๊มสูบน้ำอัตโนมัติเก็บในบ่อพักขนาดจุ 19.5 ตันที่มีการเพิ่มออกซิเจนเต็มที และนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยปล่อยลงบ่อเพาะเลี้ยงหอยแบบไหลผ่าน ผลการศึกษาหอยหวานให้ผลผลิตไข่เฉลี่ย $1,033 \pm 868.6$ ฟัก/วัน/8 บ่อ และมีจำนวนไข่เฉลี่ยต่อฟัก 486.0 ± 114.2 ฟอง ไข่หอยมีอัตราฟักไข่เป็น veliger larvae $73.67 \pm 4.17\%$ อนุบาล veliger larvae เป็นหอย early juvenile มีอัตราการรอดตาย $12.86 \pm 3.22\%$ อนุบาลหอย early juvenile เป็นหอยขนาด 1 ซม. มีอัตราการรอดตาย $75.16 \pm 8.34\%$ คิดอัตราการรอดตายจากไข่จนเป็นหอยขนาด 1 ซม. $7.18 \pm 2.46\%$ และการเลี้ยงหอยหวานอัตราความหนาแน่น 355 ตัว/ตร.ม. ในบ่อซีเมนต์ขนาด 1.5 x 1.5 x 0.4 ม. จำนวน 800 ตัว เมื่อเริ่มต้นการทดลองมีความยาวเฉลี่ย 1.13 ± 0.13 ซม. ความกว้างเฉลี่ย 0.78 ± 0.06 ซม. น้ำหนักเฉลี่ย 0.34 ± 0.08 ก. โดยมีการไหลของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วในอัตรา 5 ล./นาที เมื่อ

สิ้นสุดการทดลองระยะเวลาเลี้ยง 182 วัน หอยมีความยาวเฉลี่ย 3.00 ± 0.39 ซม. ความกว้างเฉลี่ย 2.12 ± 0.17 ซม. น้ำหนักเฉลี่ย 8.20 ± 1.79 ก. อัตราการรอดตาย 95.0% และอัตราแลกเนื้อ 2.0



ภาพที่ 7 บ่อบำบัดระบบปิดน้ำหมุนเวียนชีวภาพ
ที่มา: ธวัช และคณะ (2548)

1.2.4 การใช้ระบบกรองและโอโซนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1) ระบบกรอง (filtration)

เกรียงศักดิ์ (2539); ศิริกัลยา และคณะ (2541) กล่าวว่า การกรองน้ำคือ การที่น้ำเสียได้ไหลผ่านชั้นกรอง โดยอาจใส่สารเคมีหรือไม่ใส่สารเคมีลงไปในชั้นกรอง พวกตะกอนในน้ำถูกจำกัดหรือดักไว้ที่ชั้นกรองโดยปล่อยให้ น้ำใสไหลออกจากระบบกรองน้ำ การกรองเป็นกระบวนการที่ประกอบไปด้วยการผ่านส่วนผสมของของแข็งและของเหลว (solid liquid mixture) ไปในวัสดุที่มีรูหรือความพรุน (porous) โดยส่วนที่เป็นของแข็งซึ่งมีขนาดโตกว่ารูกรองจะถูกกั้นไว้ที่วัสดุกรองหรือตัวกลาง (medium) ของแข็งที่ถูกกั้นไว้ที่รูกรองส่วนใหญ่ ได้แก่ สารแขวนลอย ส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็งขนาดเล็กกว่ารูกรองไหลผ่านออกไปได้ วัสดุกรองหรือตัวกลางที่ใช้มีลักษณะเป็นเม็ด เช่น ทราย ถ่านแอนทราไซต์ เป็นต้น เรียกลักษณะการกรองโดยใช้วัสดุกรองที่เป็นเม็ดว่า การกรองในชั้นวัสดุกรอง (granular medium หรือ involume หรือ indepth filtration) ซึ่งมีลักษณะของการกรองเอาของแข็งหรือตะกอนไว้ที่ผิวของชั้นวัสดุกรองและในชั้นของวัสดุกรองที่มีความลึกต่างๆ ตามอนุภาคของแข็งนั้นๆ จะเล็ดลอดไปได้ วัสดุกรองหรือตัวกลางที่ใช้อาจมีลักษณะเป็นแผ่น เช่น ผ้า กระดาษ หรือ เยื่อ (membrane) ต่างๆ ลักษณะของการกรองเช่นนี้เรียกว่า การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง (surface หรือ cake filtration) เครื่องมือที่ใช้ในการกรองเรียกว่า เครื่องกรอง (filters) การกรองในชั้นของวัสดุกรองมีกลไกในการกรองหลายอย่าง ได้แก่ การสกัด

กั้น การขวางกั้น การกระทบกระแทก การตกตะกอน การดูดซับ หรือการดึงดูดประจุ เป็นต้น ซึ่งกลไกดังกล่าวจะทำให้อนุภาคของของแข็งและตะกอนถูกกั้นเอาไว้ที่ผิวของชั้นวัสดุกรองและในชั้นของตัวกรอง โดยปล่อยให้ส่วนที่เป็นน้ำไหลผ่านออกมาได้ น้ำที่ผ่านระบบกรองน้ำแล้ว ไม่มีตะกอนแขวนลอยหลงเหลืออยู่ ทำให้สามารถลดค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย (TSS) และค่า BOD ลงได้มาก ประโยชน์ที่ได้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดที่ไม่สามารถแยกตะกอนออกจากน้ำทิ้งได้หมด หรือไม่สามารทำให้ น้ำทิ้งได้คุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนด ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดหรือแยกสารฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสีย ก็สามารถใช้ระบบกรองน้ำช่วยแยกตะกอนเคมีที่เกิดขึ้นได้

2) ระบบกรองชีวภาพ หรือไบโอฟิลเตอร์ (biofilter)

ระบบกรองชีวภาพเป็นระบบกรองที่อาศัยการทำงานของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Rogers and Klemetson, 1985) ซึ่งมักจะใช้ควบคู่กับการกรองกายภาพ (mechanical filters)

Millamena และคณะ (1991) กล่าวว่าระบบการกรองชีวภาพที่ใช้หินและทรายหยาบให้เป็นที่เกาะของแบคทีเรียบำบัดคุณภาพน้ำและระบบกรองตะกอนสามารถประยุกต์ใช้ในการบำบัดคุณภาพน้ำจากโรงเพาะฟักและหมุนเวียนกลับไปเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลผลิตที่ดีกว่าโรงเพาะฟักที่ไม่ได้ใช้ระบบบำบัดคุณภาพน้ำ

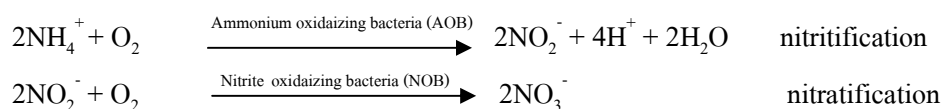
สุวิมล (2545) รายงานว่า ตัวกรองทางชีวภาพ (biological filter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดคุณภาพน้ำ โดยใช้วัสดุที่มีพื้นผิวมากเพื่อเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย และบำบัดโดยหมุนเวียนน้ำที่มีของเสียผ่านวัสดุกรองอย่างต่อเนื่องจะให้น้ำมีคุณภาพที่ดีขึ้น ตัวกรองชีวภาพที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดยส่วนใหญ่เป็นตัวกรองชีวภาพที่พัฒนามาจากการบำบัดน้ำเสียทางอุตสาหกรรมได้แก่

- ตัวกรองชีวภาพแบบแช่อยู่ใต้น้ำ (submerged filters) เป็นตัวกรองที่สร้างและจุ่มแช่ลงในถังหรือที่มีน้ำเสียไหลเข้าออกอย่างต่อเนื่อง
- ตัวกรองชีวภาพแบบโปรยกรอง (trickling filters) วัสดุที่ใช้เป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรียจะถูกยกลอยขึ้นมาในอากาศ และน้ำเสียจะถูกสูบลมโปรยลงไปในตัวกรอง ทำให้มีความชื้น และอากาศเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอย่างต่อเนื่อง
- ตัวกรองแบบหมุน (rotating media filters) จะมีจานซึ่งทำมาจากแผ่นพีวีซีหรือพลาสติกที่จมอยู่ใต้น้ำประมาณ 50% ทำการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงโดยการหมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วค่าประมาณ 2 – 5 รอบ/นาที ทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับน้ำเสียและอากาศสลับกันไปอย่างต่อเนื่อง

- ฟลูอิดไดซ์ (fluidized bed) แบคทีเรียจะเกาะยึดอยู่บนพื้นผิวของตัวกลางที่มีขนาดเล็ก เช่น เม็ดทราย หรือ polystyrene bead ขนาดประมาณ 1 – 3 มม. ซึ่งทำให้มีพื้นที่ผิวสำหรับให้แบคทีเรียเจริญเติบโต ในระบบฟลูอิดไดซ์มีการสูบน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงเข้าสู่ด้านใต้ของระบบ เพื่อทำให้เกิดการยกตัวและเคลื่อนที่ของตัวกลางแบบไหลวน

เมื่อน้ำผ่านการกรองทางกายภาพ ซึ่งตะกอนและสารแขวนลอยต่างๆ ได้ถูกกรองออกไปแล้ว ภายใต้น้ำก็ยังคงมีของเสียดละลายอยู่ ซึ่งโดยมากเป็นแอมโมเนีย สารนี้สามารถบำบัดได้โดยใช้ไบโอฟิลเตอร์ หน้าที่หลักของไบโอฟิลเตอร์กระทำโดยแบคทีเรียภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน

มันสิน และไพพรรณ (2539) รายงานว่าแบคทีเรียสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียให้กลายเป็นไนเตรทได้ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (nitrification) ซึ่งเป็นกระบวนการ 2 ขั้นตอนดังนี้



ในขั้นตอน nitritification แบคทีเรียที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ เรียกว่า Ammonium Oxidizing Bacteria (AOB) โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้แก่กลุ่ม *Nitrosomonas* (เช่น *N. europaea* และ *N. oligocarbogenas*), *Nitrospira*, *Nitrosococcus* และ *Nitrosolobus* ส่วนในขั้นตอน nitratification แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ออกซิไดซ์ไนไตรท์ให้เป็นไนเตรท เรียกว่า Nitrite Oxidizing Bacteria (NOB) โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้แก่กลุ่ม *Nitrobacter* (เช่น *N. agilis* และ *N. winogradski*), *Nitrospira* และ *Nitrococcus* (ธงชัย, 2544)

2.1) ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไนตริฟิเคชัน

- ปริมาณสารอาหารในน้ำ ซึ่งได้แก่ความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนโตรเจน (ธงชัย, 2544)
- อุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการไนตริฟิเคชันคือช่วง 30 – 36 °C (WEF, 1998)
- ปริมาณออกซิเจน 4.6 มก. O₂ ต่อ 1 มก. NH₄⁺-N ที่ถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรท (U.S.EPA, 1975)
- ความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสมในกระบวนการไนตริฟิเคชัน คือ 8.4 (Wild *et al.*, 1971)
- ความเค็ม Panswad และ Anan (1997) รายงานว่า NaCl มีผลด้านลบต่อไนตริฟายอิงแบคทีเรีย ได้มีการทดลองกับระบบแอนอ็อกซิก – แอโรบิก พบว่าไนตริฟายเออร์ปรับตัวได้ดีกว่าเฮเทอโรโทรฟ จากการเพิ่มโซเดียมคลอไรด์ จากศูนย์ไปจนถึง 30,000 มก./ล. การกำจัดไนโตรเจนลดลงจาก 88% เป็น 68%

- อายุสลัดจ์ (sludge) จะต้องมียากพอเพื่อให้บีโอดีหรือสารอาหารในน้ำต่ำ เพื่อให้ ออโตโทรฟิกไนโตรฟายอิงแบคทีเรียเติบโต โดยในเขตหนาวสลัดจ์ควรมีอายุประมาณ 6 – 10 วัน และในเขตร้อนประมาณ 2 – 3 วัน ก็สามารถเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันได้แล้ว (ธงชัย, 2544)
- สารพิษ ธงชัย (2544) รายงานว่า สารอินทรีย์ที่เป็นประเภทสารประกอบของ กำมะถันสามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ และไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียอิสระหรือ ก๊าซแอมโมเนีย รวมทั้งกรดไนตริก (HNO_2) ที่ไม่แตกตัวมีความเป็นพิษต่อไนโตรฟายอิงแบคทีเรีย ได้ ดังนั้นเมื่อความเป็นกรด – ด่างต่ำ จะเกิดเป็นกรดไนตริก และความเป็นกรด – ด่างสูงเกินไปจะ เกิดเป็นแอมโมเนียอิสระ ซึ่งทำให้พิษรุนแรงขึ้นโดยไนโตรแบคทีเรีย มีความไวต่อความเป็นพิษ ของแอมโมเนียอิสระมากกว่าไนโตรโซโมนาส

ไบโอฟิลเตอร์ในส่วนที่เป็นแบคทีเรียอาศัยอยู่จะต้องไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะอาจ ทำให้มีสาหร่ายเจริญเติบโตแข่งกับแบคทีเรีย ไบโอฟิลเตอร์ไม่ว่าชนิดใดๆ ไม่สามารถทำงานได้ เต็มที่จนกว่าแบคทีเรียที่ต้องการเจริญเต็มที่ ซึ่งใช้เวลา 1 – 2 สัปดาห์ เราสามารถเร่งการทำงานของ ไบโอฟิลเตอร์ได้ด้วยการใส่กรด หิน หรือวัสดุอื่นซึ่งนำมาจากไบโอฟิลเตอร์ที่ทำงานเต็มที่ แล้ว หรืออาจกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียโดยการใส่แอมโมเนียเข้าไปในระบบในรูปของ แอมโมเนียมคลอไรด์

Lee และคณะ (1996) รายงานว่ากลุ่มจุลินทรีย์ในธรรมชาติที่เรียกว่า microbial math สามารถกำจัดของเสียอินทรีย์ (organic waste) รวมทั้งแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่ง จุลินทรีย์ในกลุ่มดังกล่าวประกอบด้วยแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รวมทั้งสิ่งมีชีวิตใน น้ำ

Kabasawa และ Yamada (1972) รายงานว่า การอุดตันในระบบกรองชีวภาพอาจ เกิดขึ้นได้ เนื่องจากสารอินทรีย์ ซากสัตว์ แบคทีเรีย ซากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ และตะกอนดิน จะทำให้เกิด การขาดออกซิเจน ไบโอฟิลเตอร์จะสร้างสารพิษ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกมาเป็นพิษมากขึ้นและ ถ้าไม่ขจัดออกก็จะทำให้ระบบต้องการออกซิเจนมากขึ้น (กรมประมง, 2543)

2.2) ข้อดีของระบบกรองชีวภาพในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

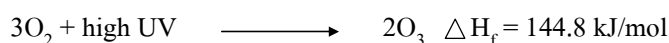
- ไบโอฟิลเตอร์สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยอาศัยการ ทำงานของแบคทีเรียในการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรตด้วยกระบวนการที่เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (Boyd, 1979; Rogers and Klemetson, 1985; Gatesoupe, 1999)
 - เป็นการลดการใช้สารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (อาภรณ์, 2542)
 - การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยระบบกรองชีวภาพกลับมาใช้ใหม่ได้ และเป็นการ ลดการนำมลพิษของน้ำจากภายนอกเข้ามาในระบบการเพาะเลี้ยง (Millamena *et al.*, 1991)

นิลนาจ และ อนุตร (2542) รายงานว่า การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นในระบบน้ำทะเลหมุนเวียนบำบัดน้ำโดยการกรองชีวภาพโดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำทะเล พบว่า เกิดการผิดปกติที่เปลือกหอย โดยหอยหวานจะมีเปลือกที่อ่อนแอ ผิวนอกหลุดร่อนออก และเปลือกมีสีซีดจางกว่าปกติภายหลังการเลี้ยงเป็นเวลา 4 เดือน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้หอยมีอัตราการตายที่สูง เนื่องจากแคลเซียม (Ca) ในน้ำมีปริมาณลดลง หรืออาจหมดไปภายหลังการเลี้ยงหอยประมาณ 4 – 5 เดือน เพราะหอยจะใช้แคลเซียมในการสร้างเปลือก

3) โอโซน (ozone)

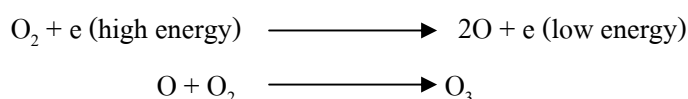
สุทธิเวช (2540) รายงานว่าก๊าซโอโซนได้ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่มที่ประเทศฝรั่งเศส ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2450 และกระบวนการผลิตก๊าซโอโซนในอุตสาหกรรมสามารถทำได้ 3 วิธีคือ

- **ultraviolet method** เป็นการฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ตลงบนออกซิเจน โมเลกุลของออกซิเจนจะรับพลังงานจากแสงอัลตราไวโอเล็ตและเปลี่ยนเป็น โอโซน ดังสมการของ สุทธิเวช (2540)



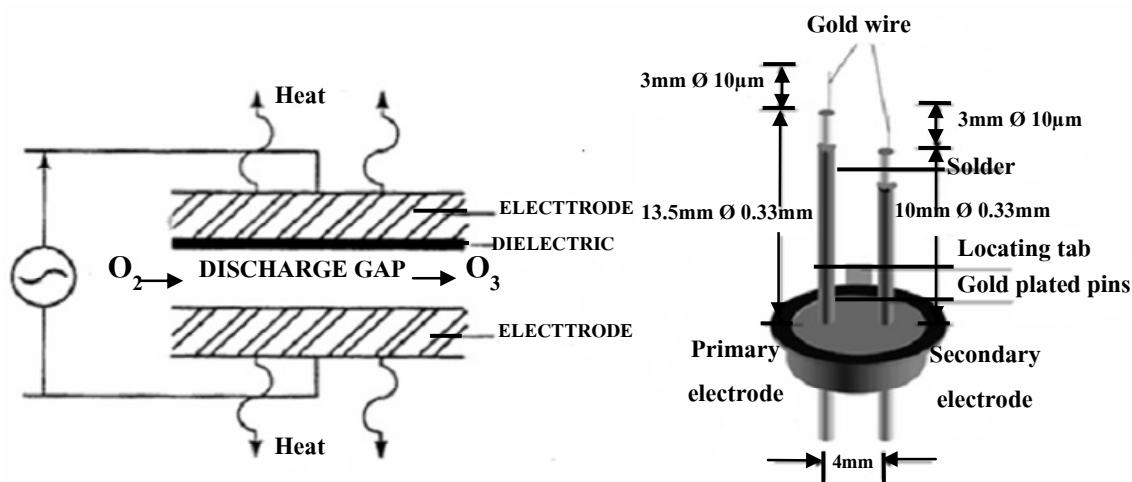
เครื่องกำเนิดโอโซนชนิดหลอดรังสียูวีใช้พลังงานจากไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ มักใช้ช่วงความยาวคลื่นของรังสีต่ำกว่า 200 นาโนเมตร คีที่สูงสุดอยู่ที่ 185 นาโนเมตร ถ้าความยาวคลื่นสูงกว่านี้จะได้ก๊าซโอโซนน้อยลง โดยหลอดยูวีขนาด 40 W สามารถผลิตโอโซนได้สูงสุดถึง 0.25% ของน้ำหนักอากาศ วิธีการนี้จะเสียค่าใช้จ่ายต่ำและอากาศที่ใช้ก็ไม่จำเป็นต้องเป็นอากาศแห้งเพื่อนำมาผลิตโอโซน (มันสิน, 2542)

- **corona discharge method** เป็นการฉายอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงลงบนโมเลกุลออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนแตกตัวเป็น 2 อะตอม จากนั้นแต่ละอะตอมของออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลออกซิเจนอีกหนึ่งโมเลกุลเปลี่ยนเป็น โอโซน ดังสมการของ สุทธิเวช (2540)



การเกิดอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงเป็นผลมาจากเครื่องถ่ายประจุโคโรนา (corona discharge) โดยใช้ขั้วไฟฟ้า (electrode) 2 แห่งวางขนานกันด้านหนึ่ง ขั้วไฟฟ้าแห่งหนึ่งจะเคลือบด้วยสารไดอิเล็กตริก (dielectric material) ซึ่งทำด้วยแก้ว หรือวัสดุเซรามิกส์ และขั้วไฟฟ้าอีกแห่งหนึ่งต่อเข้ากับสายดิน (ground) เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงบนขั้วไฟฟ้าทั้งสองจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วไฟฟ้าแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง ขณะเดียวกันจะปล่อยให้ก๊าซออกซิเจนไหลผ่าน

ตรงช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้า ทั้ง 2 ซึ่งจะได้รับพลังงานจากอิเล็กตรอนและเปลี่ยนเป็นโอโซน (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 เครื่องผลิตโอโซนโดยวิธี Corona electric discharge
ที่มา: Hill และ Thomas (2002)

- **cold plasma method** เป็นการฉายรังสีพลาสมาลงบนออกซิเจน โดยใช้แท่งแก้ว 2 แท่ง ที่บรรจุด้วยก๊าซเฉื่อยและผ่านกระแสไฟฟ้าแรงสูงลงบนแท่งแก้วทั้งสองเพื่อทำให้เกิดสนามพลาสมา วิธีนี้ให้โอโซนสูงถึง 15% ของน้ำหนักอากาศ (Eliasson and Kogelschatz, 1991)

โอโซนที่มีความเข้มข้น 0.15 – 0.20 มก./ล. ใช้เวลาในการสัมผัส 3 นาที สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ 99.99% (Liltved *et al.*, 1995) และโอโซนเป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรงกว่าสารออกซิไดซ์ชนิดอื่น ๆ ซึ่งสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์และโลหะหนักได้เกือบทุกประเภท รวมทั้งสามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ดี (มันสิน, 2542; สุรพล, 2543) โอโซนมีฤทธิ์รุนแรงกว่าคลอรีนถึง 52% และเร็วกว่า 3,000 เท่า สามารถขจัดตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ และช่วยลดความกระด้างของน้ำ ทำให้กระบวนการกรองน้ำง่ายขึ้น การใช้โอโซนจัดเป็นวิธีการบำบัดอีกประการหนึ่งที่สามารถใช้ป้องกันและกำจัดเชื้อโรคที่ปะปนอยู่ในน้ำ สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของสารพิษและก๊าซพิษในการเลี้ยงสัตว์น้ำได้ (Cross and Peterson, 1987; Lucchetti and Gray, 1988; Liltved and Cripps, 1999)

มันสิน (2542); สุรพล (2543); กมลกาญจน์ และคณะ (2545) รายงานว่าโอโซนสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในน้ำ ลดปริมาณแอมโมเนีย เหล็ก แมงกานีส ตะกั่วและซัลเฟอร์ รวมทั้งสามารถใช้กำจัดสี กลิ่น และลดของแข็งแขวนลอยได้

กมลกาญจน์ และคณะ (2545) รายงานว่าการบำบัดน้ำจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้โอโซนเป็นเวลา 15 นาที ค่าความขุ่นของน้ำ 1 เดือน 2 เดือน และ 3 เดือน สามารถลดลงได้

19.23%, 41.67% และ 62.69% ค่าของแข็งแขวนลอยสามารถลดลงได้ 23.81%, 33.33% และ 48.54% ตามลำดับ และค่า COD (chemical oxygen demand) สามารถลดลงได้ 100% ทั้ง 3 เดือน แต่โอโซนไม่มีผลต่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ค่าความนำไฟฟ้า และค่าพีเอช ซึ่งสอดคล้องกับ Steven และคณะ (1997) ที่พบว่า การบำบัดน้ำจากการเลี้ยงปลาเทราท์โดยใช้โอโซนสามารถลดความเข้มข้นของค่าของแข็งแขวนลอยได้ 35% ค่า COD 36% แต่ลดความเข้มข้นของไนโตรเจนได้ 82%

โสมลดา และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาผลของโอโซนต่อการอนุบาลลูกปลา กะพงขาว (*Lates calcarifer*) จากการทดลองพบว่าคุณภาพน้ำมีปริมาณไนเตรทสูง เนื่องจากโอโซนออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เปลี่ยนเป็นไนเตรท และโอโซนลดปริมาณความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) และของแข็งแขวนลอย (TSS)

3.1) ข้อดีของโอโซนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

- โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพ ทำให้การออกซิไดซ์เกิดขึ้นรวดเร็ว และสมบูรณ์กว่าการใช้ตัวออกซิไดซ์อื่นๆ (มันสิน, 2542; สุรพล, 2543; กมลกาญจน์ และคณะ, 2545)
- สามารถลดค่า BOD (biological oxygen demand) และ COD ได้ (กมลกาญจน์ และคณะ, 2545; Steven *et al.*, 1997)
- สามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และไม่มีปัญหาในการกำจัดกากตะกอน เมื่อใช้ในปริมาณมากจะสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ที่ยากต่อการออกซิไดซ์ได้ (กมลกาญจน์ และคณะ, 2545)
- สามารถลดสี กลิ่น ความขุ่น และสารตั้งผิวได้ (มันสิน, 2542; กมลกาญจน์ และคณะ, 2545)
- เพิ่มออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ในการผลิตโอโซน และไอออนบางชนิด เช่น OH⁻ ซึ่งมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา ทำให้มีส่วนสำคัญในการฆ่าเชื้อโรค (Cross and Peterson, 1987; Lucchetti and Gray, 1988; Liltved and Cripps, 1999)

4) การใช้ระบบกรองร่วมกับโอโซนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การกรองน้ำและการใช้โอโซนในการบำบัดน้ำสามารถใช้ป้องกันและกำจัดเชื้อโรคที่ปะปนอยู่ในน้ำ สามารถลดความเข้มข้นของสารพิษ และแก๊สพิษในการเลี้ยงสัตว์น้ำระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดได้ (Cross and Peterson, 1987; Lucchetti and Gray, 1988; Liltved and Cripps, 1999)

ชูสินธุ์ (2550) ได้ทำการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำหมุนเวียนที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยเป่าอื้อระยะวัยรุ่น โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เปลี่ยนถ่ายน้ำโดยให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลาในอัตรา 0.1 ล./นาที ชุดการทดลองที่ 2 เปลี่ยนถ่ายน้ำในตู้ทดลองทั้งหมด 2 วัน/ครั้ง ชุดการทดลองที่ 3, 4 และ 5 บำบัดและหมุนเวียนน้ำด้วยวิธีการกรองการใช้โอโซน และการกรองร่วมกับการใช้โอโซน ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า การกรองร่วมกับการใช้โอโซนมีประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณเชื้อไวรัสโอรวม ได้เท่ากับ 85.74% สามารถนำไปใช้ป้องกันและแก้ไขปัญหาการแพร่ระบาดของโรค ช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น และช่วยลดต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงหอยเป่าอื้อเชิงพาณิชย์ได้

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาระบบน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยหวาน
- 2) เพื่อศึกษาอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถนำผลการทดลองครั้งนี้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน เพื่อปรับปรุงระบบน้ำและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงหอยหวานให้มีประสิทธิภาพ
- 2) สามารถเพิ่มผลผลิตและช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงหอยหวาน

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ อุปกรณ์

- 2.1.1 ตู้กระจกทดลองขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 45 x 75 x 45 ซม. จำนวน 12 ตู้
- 2.1.2 อุปกรณ์บังและพรางแสง (พลาสติกสีดำ และอุปกรณ์พรางแสง)
- 2.1.3 อุปกรณ์ให้อากาศ (ใช้แอร์ปั๊ม และใส่หัวทราย จำนวน 2 หัว/ตู้)
- 2.1.4 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำประกอบด้วย ขวดพลาสติกขนาดความจุ 1 ล. จำนวน 12 ใบ ขวดบีโอดีสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนละลาย จำนวน 12 ใบ และขวดบีโอดีสำหรับใช้วิเคราะห์ค่าบีโอดีจำนวน 60 ใบ

2.1.5 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำพร้อมสารเคมี ประกอบด้วย

- เครื่องมือวัดความเค็ม (salinometer S/Mill - E)
- เครื่อง spectrophotometer รุ่น Shimadzu UV - 1061
- เครื่องมือวัดความเป็นกรด – ด่าง และอุณหภูมิ (ยี่ห้อ WTW รุ่น pH 300)
- ตู้อบ และ โถดูดความชื้น
- หม้อนึ่งความดันสูง (autoclave)
- เครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและอุณหภูมิ (ยี่ห้อ YSI Model 51B)
- วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้หาของแข็งแขวนลอยทั้งหมดประกอบด้วย แผ่นกรองใยแก้ว GF/C (Ø 0.47 ซม.) เตาอบความร้อนสูง และเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบหาปริมาณเชื้อ vibrio ีอรวม (total vibrio) ประกอบด้วย อาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS (thiosulfate citrate bile salt sucrose) งานเพาะเชื้อ แท่งแก้วสามเหลี่ยม ตะเกียงแอลกอฮอล์ เครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer) และตู้ป้อนเชื้อ (incubator)

2.1.6 อุปกรณ์สำหรับชั่ง - วัด เพื่อหาน้ำหนักและความยาวของลูกหอยประกอบด้วย เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง จำนวน 1 เครื่อง เวอร์เนียคาลิเปอร์ จำนวน 1 อัน

2.1.7 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนถ่ายน้ำและอุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองน้ำ ประกอบด้วย ถังกรองน้ำขนาดช่องตา 1 ไมครอน จำนวน 1 ถัง ปั๊มน้ำที่ใช้สูบน้ำหมุนเวียน ยี่ห้อ Lifetech รุ่น AP 5000 ขนาด 50 W จำนวน 12 เครื่อง และเครื่องกรองน้ำจำนวน 12 ชุด เครื่องกรองน้ำท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ยาว 90 ซม. ในแต่ละชุดมีวัสดุกรองจำนวน 3 ชั้น คือ ชั้นหินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดหินประมาณ 1.5 มม. มีความหนา 30 ซม. ชั้นถ่านหุงต้มมีความ

หนา 20 ซม. และชั้นทรายที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดทรายประมาณ 0.5 มม. มีความหนา 30 ซม.

2.1.8 ถังกรองชีวภาพ: ถังน้ำพลาสติก ขนาดความจุ 100 ล. จำนวน 12 ใบ ซึ่งภายในบรรจุวนสำหรับเป็นวัสดุยึดเกาะของแบคทีเรีย (substrate) โดยเนื้อวนทำจากเชือกเกลียวสีดำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว (0.56 ซม.) จำนวน 9 กก. ปิดฝาถังกรองเพื่อป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำ (ตัดแปลงจาก กอบศักดิ์, 2548)

2.1.9 พันธุ์หอยหวานชนิด *B. areolata* ระยะวัยรุ่นอายุประมาณ 60 วัน จากตรงสรฟาร์ม 23/3 หมู่ 8 ต.ม่วงงาม อ.สิงหนคร จ.สงขลา

2.1.10 ปลาหลังเขียว (*Amblygaster sirm*) สำหรับเป็นอาหารลูกหอย

2.1.11 กุ้งฝอยขนาด 46 x 60 x 32 ซม. จำนวน 1 ใบ สำหรับใช้ในการขนย้ายลูกหอย

2.1.12 เครื่องมือและอุปกรณ์ผลิตโอโซน ใช้หลอดรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ได้รับพลังงานจากกระแสไฟฟ้าเป็นท่อยาว 48 นิ้ว มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 170 – 250 นาโนเมตร จำนวน 2 หลอด ติดตั้งอยู่ในตู้พีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว กระตุ้นให้เกิดการเหนี่ยวนำก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศที่มาจากแอร์ปั๊มให้แตกตัวเป็นโอโซนแล้วพ่นก๊าซโอโซนลงในระบบบำบัดน้ำโดยใช้อุปกรณ์เติมอากาศ (หัวทราย จำนวน 3 หัว/ระบบ)

2.2 วิธีการวิจัย

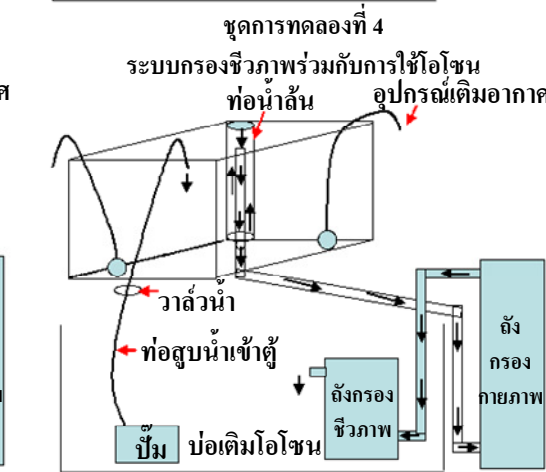
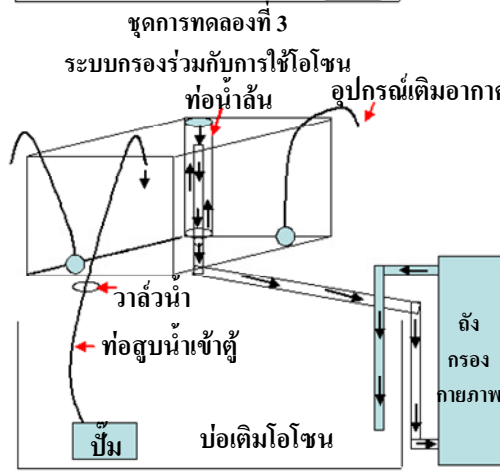
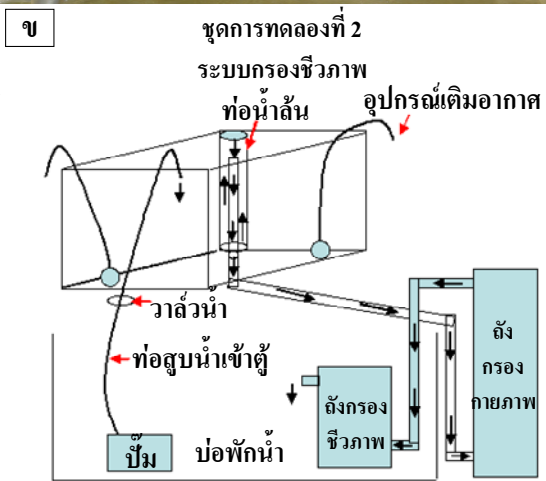
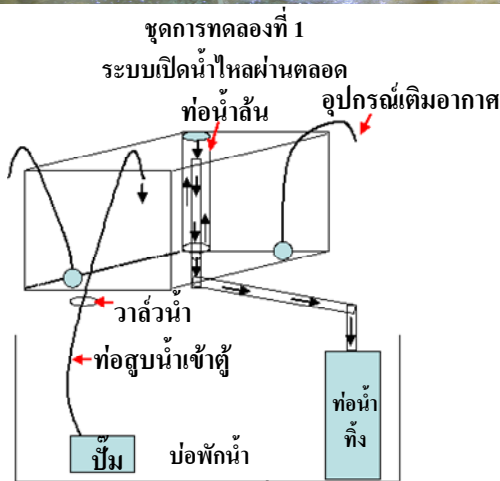
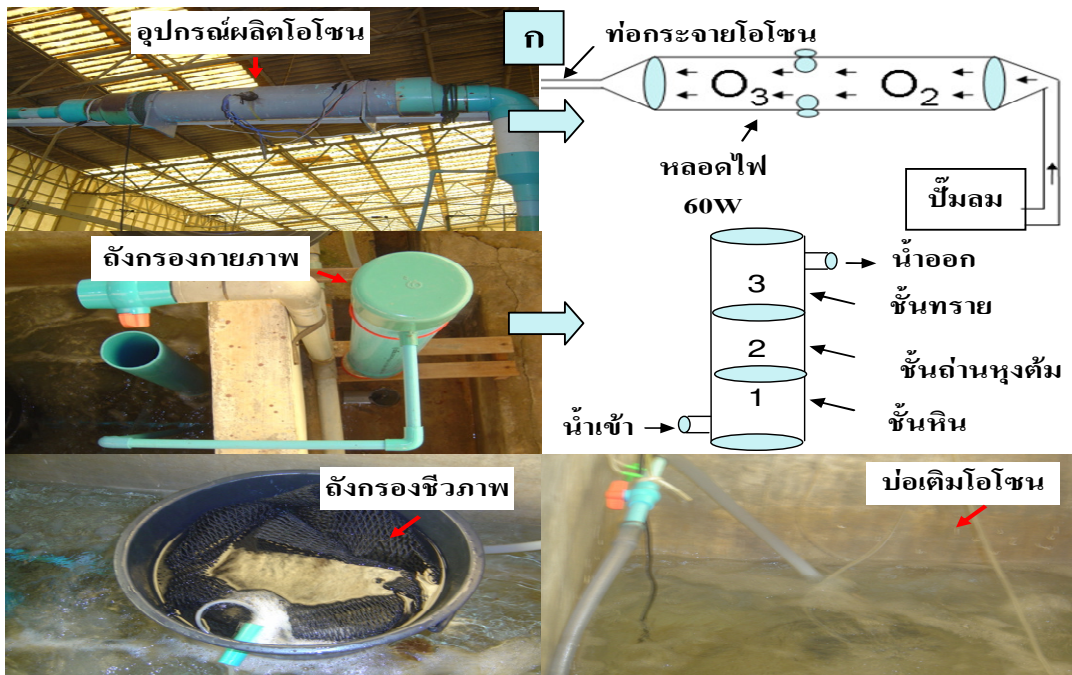
2.2.1 แผนการทดลอง แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์เพื่อทราบถึงระบบน้ำที่ดีที่สุดสำหรับคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของหอย โดยใส่หอยในตู้ทดลองจำนวน 12 ตู้ ๆ ละ 170 ตัว (ความหนาแน่นเท่ากับ 500 ตัว/ตร.ม.) (ลือชัย และคณะ, 2548) ก่อนทำการทดลองให้หอยปรับสภาพตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 90 วัน หากชุดการทดลองใดมีหอยตายถึง 10% จะหยุดการทดลองทั้งหมดทันที แบ่งระบบน้ำออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ (ภาพที่ 9)

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดด้วยอัตรา 2.25 ล./ชม.

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) ใช้ระบบปิดน้ำหมุนเวียน (อัตราไหล 2.25 ล./ชม.) ที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพ

ชุดการทดลองที่ 3 (T3) ใช้ระบบปิดน้ำหมุนเวียน (อัตราไหล 2.25 ล./ชม.) ที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน



ภาพที่ 9 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เตรียมระบบน้ำ (ก.) และระบบน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์ (ข.)

ชุดการทดลองที่ 4 (T4) ใช้ระบบปิดน้ำหมุนเวียน (อัตราไหล 2.25 ลิ./ชม.) ที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน

การทดลองที่ 2 ศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน โดยใช้ระบบน้ำที่ดีที่สุดจากผลการทดลองที่ 1 แล้วปล่อยหอยหวานที่อัตราความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ก่อนทำการทดลองให้หอยปรับสภาพตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ การทดลองจะใช้ระยะเวลา 90 วัน แต่หากชุดการทดลองใดมีหอยตายถึง 10% ก็จะหยุดการทดลองทันที แบ่งความหนาแน่นออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 (T1) อัตราความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. (85 ตัว/ตู้)

ชุดการทดลองที่ 2 (T2) อัตราความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. (170 ตัว/ตู้)

ชุดการทดลองที่ 3 (T3) อัตราความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. (255 ตัว/ตู้)

ชุดการทดลองที่ 4 (T4) อัตราความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. (340 ตัว/ตู้)

2.2.2 การเตรียมตู้และน้ำในการทดลอง

1) ตู้ทดลองทั้ง 2 การทดลองใช้ตู้กระจกขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 45 x 75 x 45 ซม. ภายในตู้ทดลองใส่ทรายทะเลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดทรายประมาณ 0.2 มม. มีความหนาประมาณ 10 ซม. เติมอากาศในตู้โดยใช้อุปกรณ์เติมอากาศ จำนวน 2 หัว/ตู้ ตู้ทดลองด้านข้าง, ด้านหลัง และด้านบนปิดด้วยแผ่นพลาสติกสีดำ ด้านหน้าใช้อุปกรณ์พรางแสง

2) การเตรียมน้ำในตู้ทดลองทั้ง 2 การทดลอง เมื่อเริ่มต้นการทดลองสูบน้ำจากชายฝั่งทะเลที่มีความเค็มระหว่าง 30 – 35 ppt ผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้คลอรีนผง ในอัตรา 20 ppm (มันลิน, 2542) ในบ่อที่มีขนาดความจุ 40 ตัน เปิดลมให้อากาศตลอดเวลาจนกว่าคลอรีนหมดฤทธิ์ แล้วทำการตกตะกอนอย่างน้อย 24 ชม. จากนั้นนำมาผ่านการกรองด้วยถุงกรองขนาดช่องตา 1 ไมครอน โดยใส่ในตู้ทดลองตู้ละ 100 ลิ.

2.2.3 การให้อาหารหอย

ใช้เนื้อปลาหลังเขียว (*Amblygaster sirm*) (ภาพที่ 10) เป็นอาหารตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง โดยทำการแล่นเนื้อปลาออกเป็นชิ้นๆ เพื่อศึกษาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต (feed conversion ratio: FCR) ให้อาหารทุกวันๆ ละ 2 มื้อ (เช้า – เย็น) เวลา 10.00 น. และ 16.00 น. ในอัตรา 2% ของน้ำหนักตัวต่อวัน บันทึกการกินอาหารของหอยโดยเก็บเศษอาหารที่เหลือทั้งหมดภายในตู้ทดลองแต่ละตู้มาชั่งน้ำหนักโดยใช้กระดาษชั่งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณอาหารที่หอยกินในแต่ละมื้อติดต่อกันจนสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 10 ปลาหลังเขียว (*Amblygaster sirm*) ที่ใช้เป็นอาหารลูกหอย

2.2.4 การสุ่มซัง - วัดขนาดลูกหอย

ในแต่ละการทดลอง เมื่อเริ่มต้นการทดลองสุ่มตัวอย่างลูกหอยจำนวน 10% ของหอยทั้งหมดในแต่ละคู่มาวัดความยาวเปลือก (total length) เป็นซม. และชั่งน้ำหนักตัวของหอย (รวมเปลือก) เป็นก.ของน้ำหนักสด ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของหอยทุก 2 สัปดาห์ ต่อเนื่องไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง เพื่อปรับปริมาณการให้อาหาร เมื่อพบหอยตายจะเก็บหอยออกจากตู้ทดลองและบันทึกจำนวนหอยที่ตาย หากการทดลองใดมีหอยตายเกิน 10% จะหยุดการทดลองทั้งหมดทันที เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการชั่งน้ำหนักตัวของหอย (รวมเปลือก) เป็นกรัมของน้ำหนักสดเพื่อหาผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น และดัชนีความอุดมสมบูรณ์ของหอยทางการค้า

2.2.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทั้ง 2 การทดลอง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 1 ล. เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับกลางของตู้ทดลอง แล้วนำไปตรวจวัดคุณภาพน้ำทันที โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากตู้ทดลองทั้งหมด จำนวน 12 ตู้ ทุก 4 วัน ในเวลา 8.00 - 9.00 น. ต่อเนื่องไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง เมื่อความเป็นค่าของน้ำลดลงต่ำกว่า 100 มก./ล. จะทำการเติมปูนขาวลงในน้ำภายหลังจากการเก็บเศษอาหารที่เหลือในมือ 10.00 น. เพื่อรักษาความเป็นค่าของน้ำให้อยู่ในช่วง 100 - 120 มก./ล. (นิลนาจ และศิริษา, 2540; Whangchai *et al.*, 2002) และทำการปรับความเค็มของน้ำให้อยู่ในช่วง 25 - 35 ppt โดยใช้น้ำประปา (นิลนาจ และศิริษา, 2540) ทำการปรับคุณภาพน้ำใช้ระยะเวลา 2 ชม.

2.2.6 การตรวจวัดคุณภาพน้ำ

- 1) วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย โดยวิธี Modified Indophenol Method (Sasaki and Sawada, 1980)
- 2) วิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ โดยวิธี Diazotization (Bendschneider and Robinson, 1952)

- 3) วิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท โดยวิธี Cadmium Reduction Method (APHA *et al.*, 1980) เพื่อรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ แล้ววัดไนไตรท์ โดยวิธี Diazotization
- 4) วิเคราะห์หาปริมาณออร์โทฟอสเฟต โดยวิธีของ Boyd และ Tucker (1992)
- 5) วิเคราะห์หาความเป็นด่าง (alkalinity) โดยวิธี Potentiometric Titration to Pre-selected pH (APHA *et al.*, 1980)
- 6) ตรวจวัดค่าความเค็มของน้ำใช้ Refractometer (S/Mill-E)
- 7) ตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำและอุณหภูมิใช้ Oxygen Meter (YSI Model 51B)
- 8) ตรวจวัดค่าความเป็นกรด – ด่างโดยใช้ pH Meter ยี่ห้อ WTW รุ่น pH 300
- 9) วิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solid: TSS) โดยวิธีของ APHA และคณะ (1980)
- 10) วิเคราะห์ค่า BOD โดยวิธีของ APHA และคณะ (1980)
- 11) วิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) โดยคัดแปลงจากวิธีของ ภาควิชาจุลชีววิทยา (2535)

* วิธีการวิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

2.2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ด้วยวิธี One Way Analysis of Variance และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของหอยกับคุณภาพน้ำ ด้วยโปรแกรม SPSS Release 10. (มนต์ทิพย์, 2536)

คำนวณข้อมูลต่างๆ ตลอดจนการทดลอง ดังนี้

- 1) ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (shell length increment) (มม./ตัว)

$$= L_t - L_0$$

- 2) อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก (growth in shell length) (มม./วัน)

$$= (L_t - L_0)/t$$

เมื่อ L_t คือ ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

L_0 คือ ความยาวเปลือกเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

t คือ ระยะเวลา (วัน)

- 3) น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้น (body weight gain) (ก./ตัว)

$$= W_t - W_0$$

- 4) อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (growth rate) (ก. น้ำหนักสด/วัน)

$$= (W_t - W_0) / t$$

เมื่อ W_t คือ น้ำหนักเฉลี่ยของหอย (น้ำหนักสดรวมเปลือก) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

(ก.)

W_0 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของหอย (น้ำหนักสดรวมเปลือก) เมื่อเริ่มต้นการทดลอง

(ก.)

- 5) อัตราการรอดตาย (survival rate) (%)

$$= \text{จำนวนหอยที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100 / \text{จำนวนหอยที่เริ่มการทดลอง}$$

- 6) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต (feed conversion ratio: FCR)

$$= F / (W_t - W_0)$$

เมื่อ F คือ น้ำหนักรวมของอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยตลอดการทดลอง (ก. น้ำหนักสด)

W_t คือ น้ำหนักรวมทั้งหมดของหอย (น้ำหนักรวมเปลือก) เมื่อสิ้นสุดการ

ทดลอง (ก.)

W_0 คือ น้ำหนักรวมทั้งหมดของหอย (น้ำหนักรวมเปลือก) เมื่อเริ่มต้นการ

ทดลอง (ก.)

- 7) ผลผลิตของน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (ก./ตร.ม.)

$$= \frac{\text{น้ำหนักรวมทั้งหมดของหอย (น้ำหนักรวมเปลือก) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ก.)}}{\text{พื้นที่ที่ใช้เลี้ยง}}$$

- 8) ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า (%) (วิไลวรรณ, 2540)

$$= [\text{น้ำหนักเนื้อหอยสด (ก.)} / \text{น้ำหนักเปลือก (ก.)}] \times 100$$

หาน้ำหนักเนื้อหอยสด โดยวิธีแกะเนื้อหอยออกจากเปลือกแล้วทำการชั่งน้ำหนัก

- 9) ต้นทุนการผลิตจะพิจารณาเฉพาะค่าน้ำเค็มที่ใช้อนุบาลลูกหอย (ราคาลิตรละ 0.10

บ.) ค่าลูกพันธุ์หอยหวาน ค่าอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน และค่าไฟฟ้า (เครื่องสูบน้ำ ปัมลม และอุปกรณ์ผลิตไอโซน) ต้นทุนค่าไฟฟ้าตลอดการทดลองคำนวณจากสมการ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2546)

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่าไฟฟ้าผันแปร (ค่าเอฟที)} + \text{ค่าบริการ} + \text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม}$$

เมื่อ ค่าไฟฟ้าฐาน = จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด (กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการคำนวณ x จำนวนชม. ที่ใช้งานในหนึ่งวัน / 1,000 x จำนวนวันที่ใช้งานทั้งหมด) x อัตราการเก็บเงินค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

การใช้ไฟฟ้า 1 หน่วย หรือ 1 ยูนิต คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ ที่ใช้งานเป็นเวลา 1 ชม.

อัตราการเก็บเงินค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (ประเภทการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน) คือ

- จำนวน 5 หน่วย (หน่วยที่ 1 - 5) ราคาหน่วยละ 0.00 บ.
- จำนวน 10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 - 15) ราคาหน่วยละ 1.3576 บ.
- จำนวน 10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 - 25) ราคาหน่วยละ 1.5445 บ.
- จำนวน 10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 - 35) ราคาหน่วยละ 1.7968 บ.
- จำนวน 65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 100) ราคาหน่วยละ 2.1800 บ.

ค่าไฟฟ้าผันแปร (ค่าเอฟที) = จำนวนหน่วยที่ใช้ x ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตต่อหน่วย

ค่าบริการ = 8.19 บ./เดือน

ภาษีมูลค่าเพิ่ม = 7%

9.1) ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ (บ./ตร.ม.)

= (ค่าน้ำทะเล + ค่าลูกพันธุ์หอยหวาน + ค่าอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงหอยตลอด
ระยะเวลาการทดลอง + ค่าไฟฟ้า) / พื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง

9.2) ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิต (บ./กก.)

= (ค่าน้ำทะเล + ค่าลูกพันธุ์หอยหวาน + ค่าอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงหอยตลอด
ระยะเวลาการทดลอง + ค่าไฟฟ้า) / ผลผลิต (กก.)

บทที่ 3

ผลการทดลอง

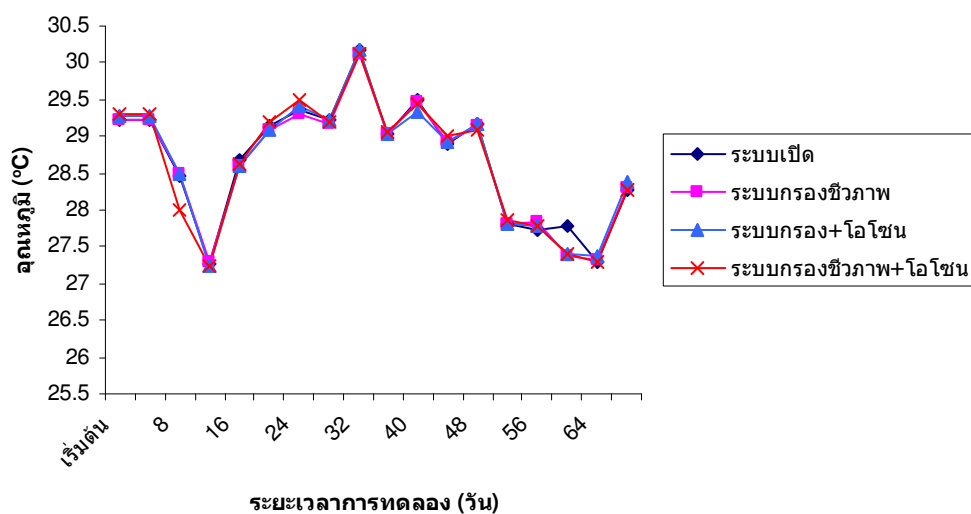
3.1 ระบบน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์

การทดลองเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นอายุประมาณ 60 วัน (ความยาวเปลือกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.026 – 1.047 ซม.) เมื่อดำเนินการทดลองไปทั้งสิ้น 68 วัน ทุกชุดการทดลองมีหอยตายถึง 10% จึงหยุดการทดลองแล้ววิเคราะห์ข้อมูลได้ผลดังนี้

3.1.1 คุณภาพน้ำ

1) อุณหภูมิของน้ำ

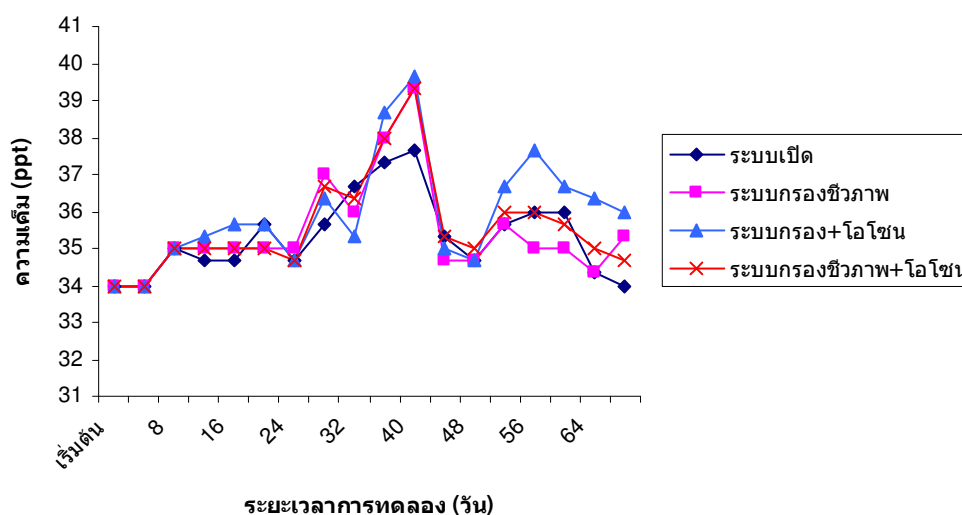
อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 29.23 ± 0.03 ถึง 29.30 ± 0.06 °C ระหว่างการทดลองอุณหภูมิของน้ำต่ำสุด – สูงสุดในช่วง 27.23 – 30.17 °C (ภาพที่ 11) และอุณหภูมิของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 28.61 ± 0.21 ถึง 28.65 ± 0.20 °C โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1) ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



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

2) ความเค็ม

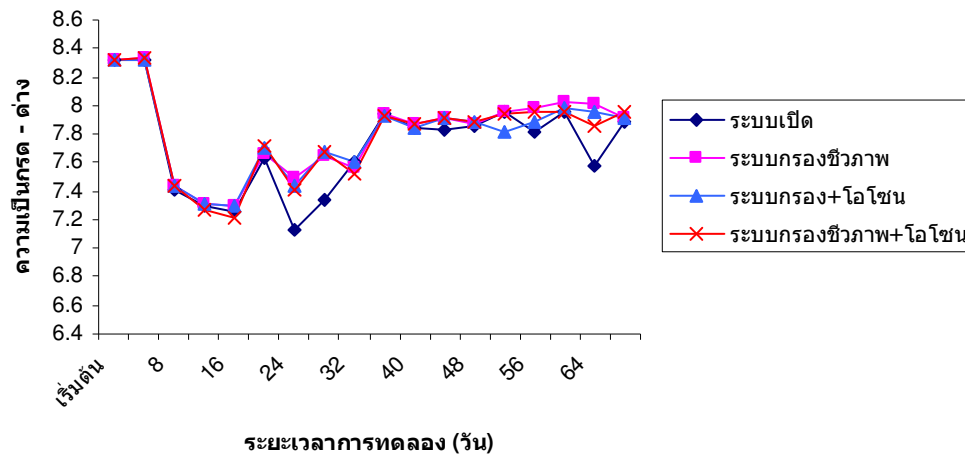
ความเค็มของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 34.00 ± 0.00 ppt ระหว่างการทดลองความเค็มของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง $34.00 - 39.67$ ppt (ภาพที่ 12) และความเค็มของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 35.41 ± 0.26 ถึง 36.08 ± 0.36 ppt โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเค็มของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนมีความเค็มของน้ำเฉลี่ยสูงสุด (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1) ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

3) ความเป็นกรด – ด่าง

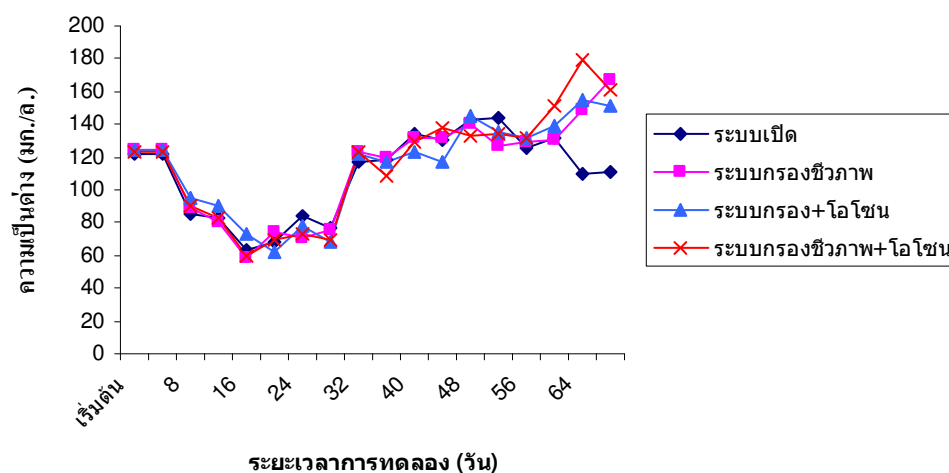
ความเป็นกรด – ด่างของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 8.32 ± 0.00 ถึง 8.33 ± 0.01 ระหว่างการทดลองความเป็นกรด – ด่างของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง $7.21 - 8.33$ (ภาพที่ 13) และความเป็นกรด – ด่างของน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 7.69 ± 0.08 ถึง 7.78 ± 0.07 โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเป็นกรด – ด่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความเป็นกรด – ด่างของน้ำเฉลี่ยสูงสุด (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1) ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด - ต่างของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

4) ความเป็นต่าง

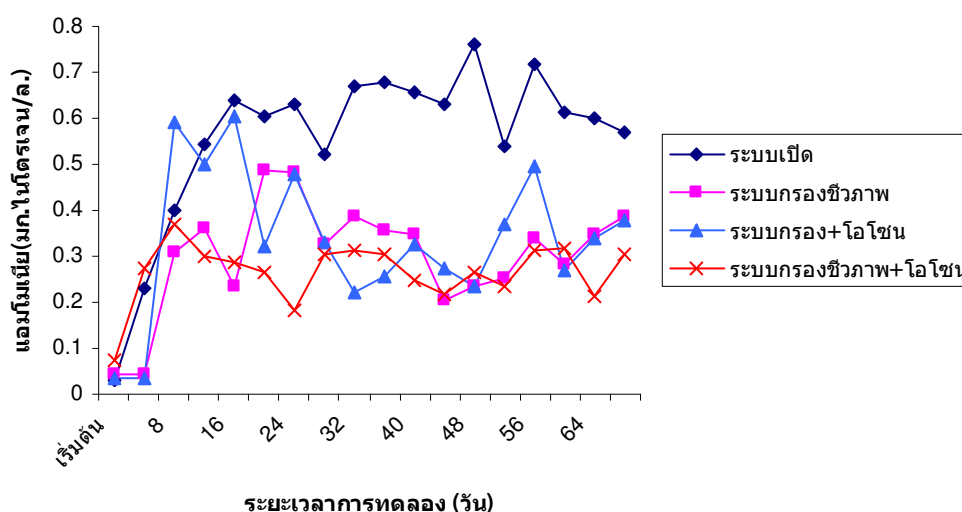
ความเป็นต่างของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 122.33 ± 1.20 ถึง 125.00 ± 1.00 มก./ล. ระหว่างการทดลองความเป็นต่างของน้ำต่ำสุด - สูงสุดอยู่ในช่วง 58.33 - 178.67 มก./ล. (ภาพที่ 14) และความเป็นต่างของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 108.80 ± 6.40 ถึง 115.22 ± 8.55 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเป็นต่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเป็นต่างของน้ำเฉลี่ยสูงสุด (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1) ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงความเป็นต่างของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

5) แอมโมเนีย

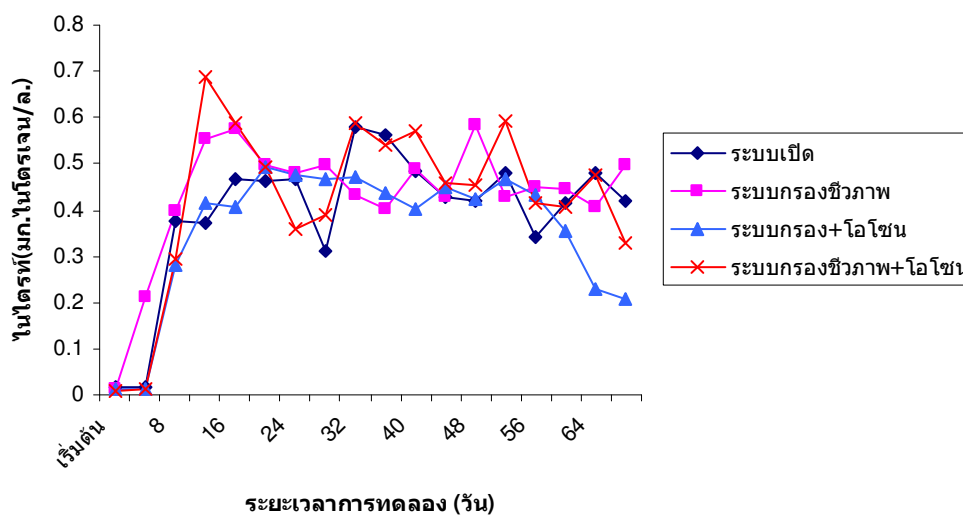
ความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 0.031 ± 0.002 ถึง 0.072 ± 0.015 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน ระหว่างการทดลองความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 0.140 – 0.813 มก.ไนโตรเจน/ล. (ภาพที่ 15) และความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.277 ± 0.011 ถึง 0.589 ± 0.030 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ, ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1)



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

6) ไนโตรที่

ความเข้มข้นของไนโตรที่ของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 0.011 ± 0.002 ถึง 0.017 ± 0.001 มก.ไนโตรเจน/ล. ระหว่างการทดลองความเข้มข้นของไนโตรที่ของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 0.012 – 0.421 มก.ไนโตรเจน/ล. (ภาพที่ 16) และความเข้มข้นของไนโตรที่ของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.378 ± 0.031 ถึง 0.458 ± 0.021 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน มีความเข้มข้นของไนโตรที่ของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความเข้มข้นของไนโตรที่ของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1)

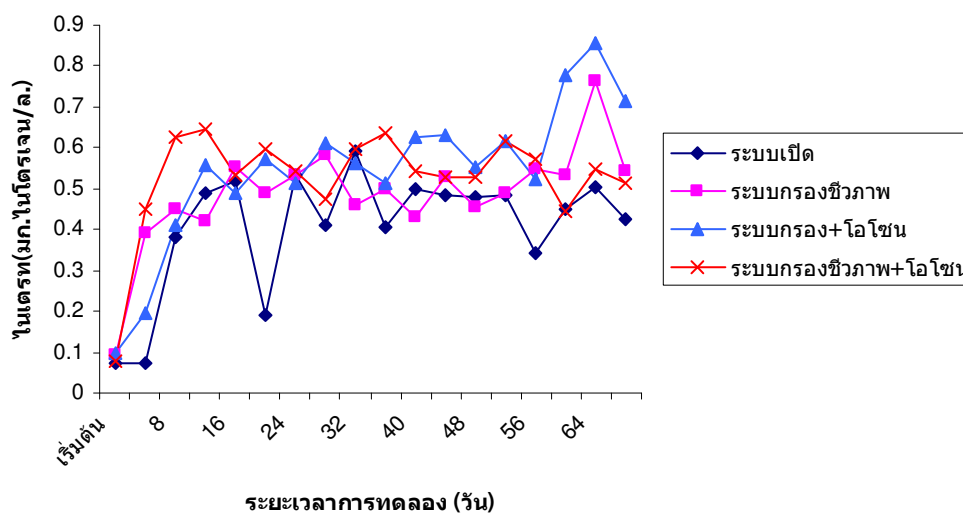


ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรที่ของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

7) ไนเตรท

ความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 0.072 ± 0.017 ถึง 0.452 ± 0.359 มก.ไนโตรเจน/ล. ระหว่างการทดลองความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 0.145 – 0.687 มก.ไนโตรเจน/ล. (ภาพที่ 17) และความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.427 ± 0.031 ถึง 0.573 ± 0.035 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน ไม่มีความแตกต่างกัน

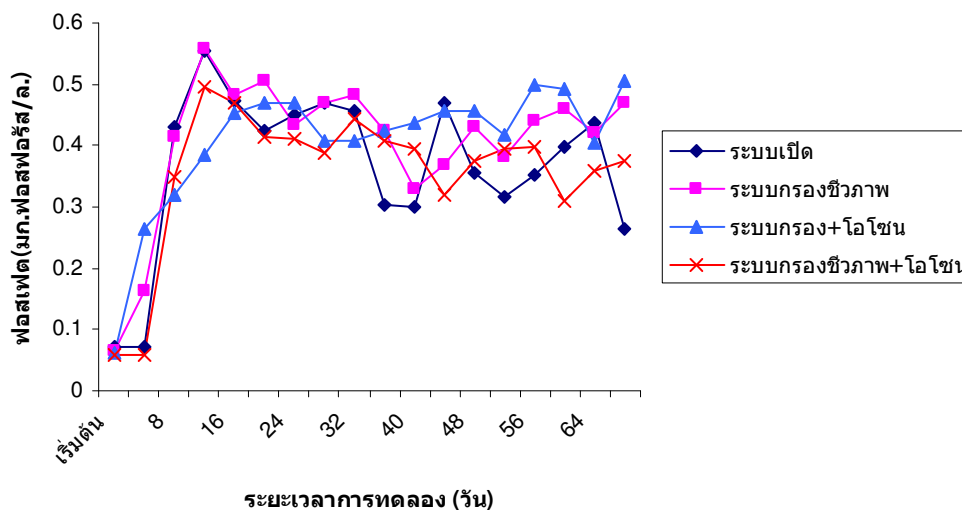
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1)



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

8) ฟอสเฟต

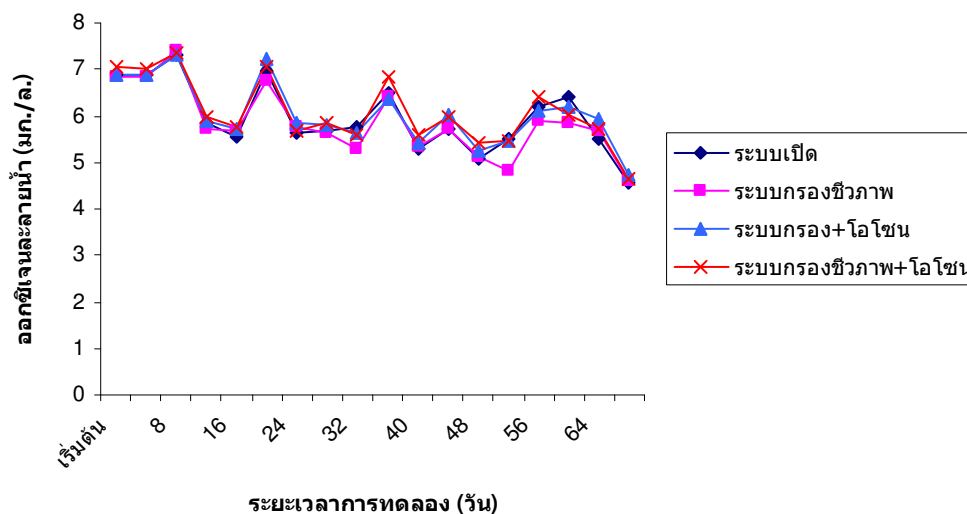
ความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 0.059 ± 0.004 ถึง 0.072 ± 0.010 มก.ฟอสฟอรัส/ล. ระหว่างการทดลองความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำต่ำสุด - สูงสุดอยู่ในช่วง $0.059 - 0.558$ มก.ฟอสฟอรัส/ล. (ภาพที่ 18) และความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.374 ± 0.023 ถึง 0.428 ± 0.015 มก.ฟอสฟอรัส/ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1)



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

9) ออกซิเจนละลายน้ำ

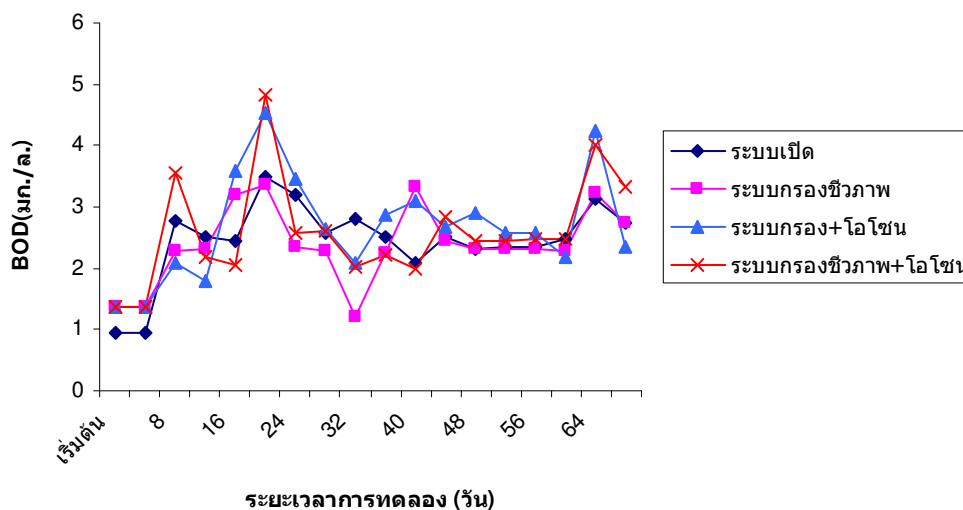
ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 6.83 ± 0.03 ถึง 7.03 ± 0.03 มก./ล. ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุด โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน ระหว่างการทดลองความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 4.60 – 7.40 มก./ล. (ภาพที่ 19) และความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 5.79 ± 0.18 ถึง 6.02 ± 0.17 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1)



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

10) BOD

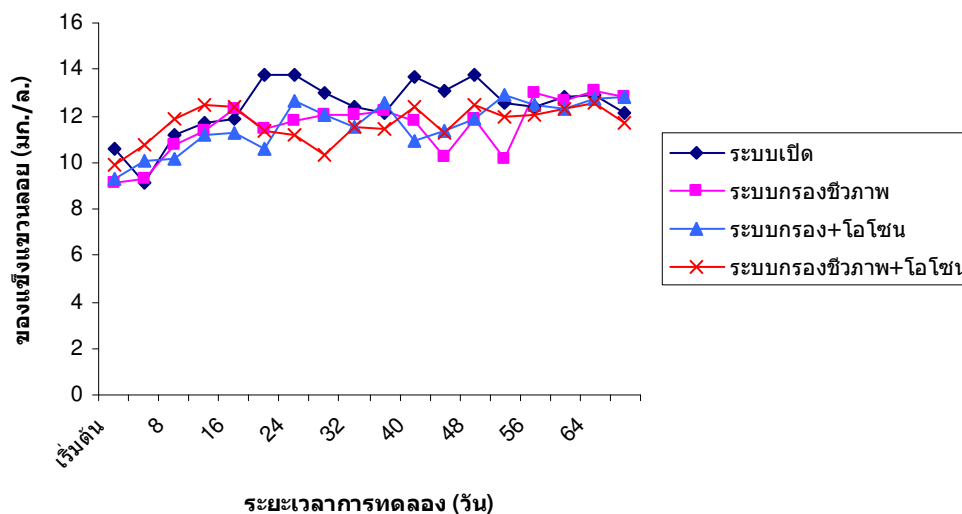
ค่า BOD ของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 0.94 ± 0.06 ถึง 1.39 ± 0.03 มก./ล. ชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีค่า BOD ของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนมีค่า BOD ของน้ำเฉลี่ยสูงสุด โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิด ระหว่างการทดลองค่า BOD ของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 1.21 – 4.84 มก./ล. (ภาพที่ 20) และค่า BOD ของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 2.45 ± 0.15 ถึง 2.77 ± 0.20 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีค่า BOD ของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนมีค่า BOD ของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1)



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

11) ของแข็งแขวนลอย

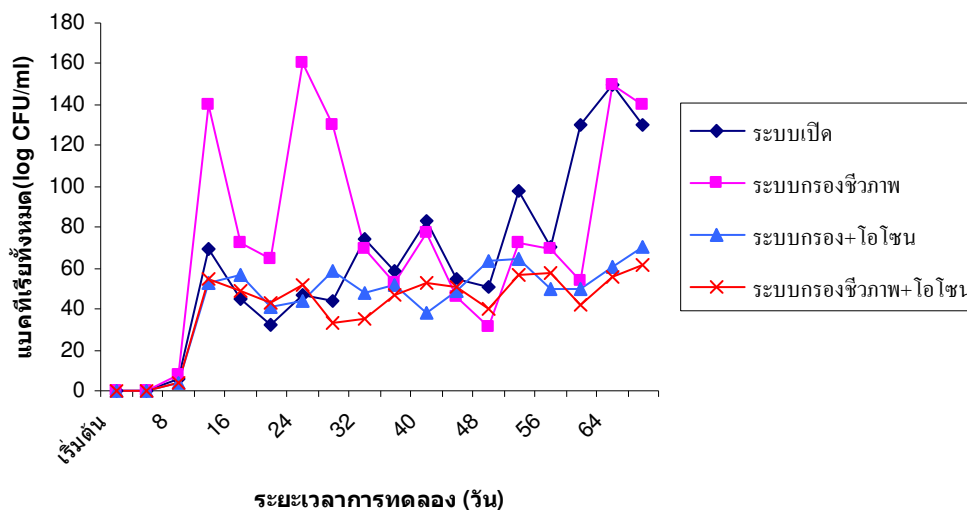
ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 9.16 ± 0.19 ถึง 10.61 ± 0.12 มก./ล. ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยสูงสุด โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ระหว่างการทดลองความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยต่ำสุด - สูงสุดอยู่ในช่วง $9.16 - 13.74$ มก./ล. (ภาพที่ 21) และความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 11.69 ± 0.26 ถึง 12.48 ± 0.28 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิด (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1)



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

12) แบคทีเรียทั้งหมด

ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง $1.0 \times 10^2 \pm 0.1 \times 10^2$ ถึง $1.2 \times 10^2 \pm 0.1 \times 10^2$ CFU/ml ระหว่างการทดลองปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่ตรวจวัดแต่ละครั้งอยู่ในช่วง 1.0×10^2 ถึง 7.8×10^4 CFU/ml (ภาพที่ 22) ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดมีค่าตลอดการทดลองอยู่ในช่วง $4.3 \times 10^4 \pm 4.2 \times 10^4$ ถึง $7.8 \times 10^4 \pm 1.1 \times 10^5$ CFU/ml โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซนมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ ในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซน และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1)

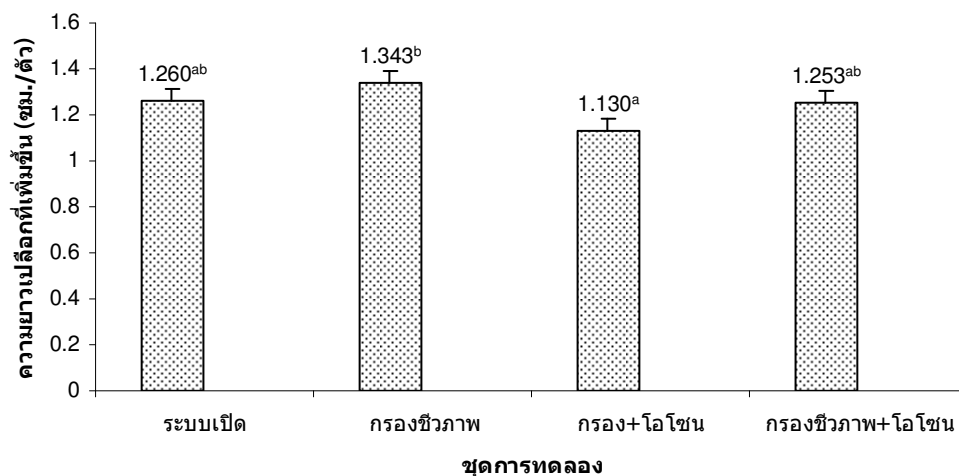


ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของน้ำในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน

3.1.2 การเจริญเติบโตของหอย

1) ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น

ความยาวเปลือกของหอยเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 1.026 ± 0.015 ถึง 1.047 ± 0.020 ซม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) เมื่อสิ้นสุดการทดลองหอยมีความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นในช่วง 1.130 ± 0.040 ถึง 1.343 ± 0.061 ซม./ตัว โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโชนมีความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 23) ในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโชน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น

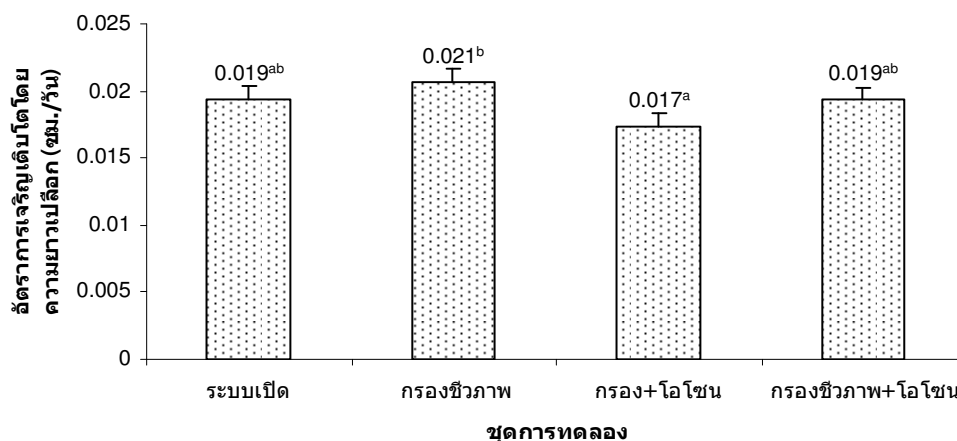


ภาพที่ 23 ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2) อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก

หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกอยู่ในช่วง 0.017 ± 0.001 ถึง 0.021 ± 0.001 ซม./วัน (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 24) ในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น

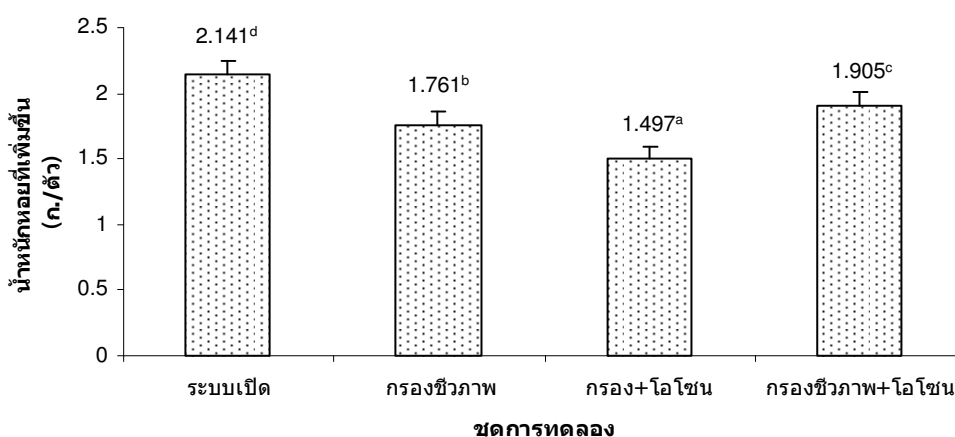


ภาพที่ 24 อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3) น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้น

น้ำหนักหอยเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 1.053 ± 0.025 ถึง 1.068 ± 0.020 ก./ตัว (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) เมื่อสิ้นสุดการทดลองหอยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2.184 ± 0.294 ถึง 2.508 ± 0.131 ก./ตัว โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีน้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนมีน้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 25) ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

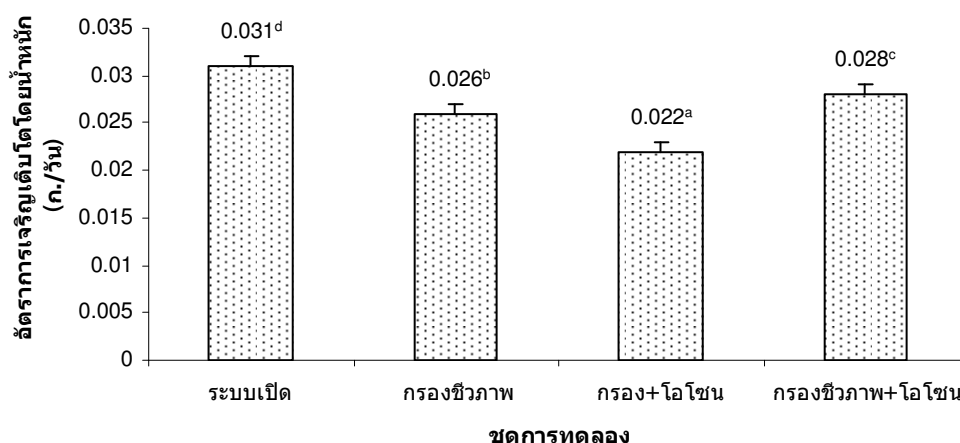


ภาพที่ 25 น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4) อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยอยู่ในช่วง 0.034 ± 0.005 ถึง 0.039 ± 0.002 ก./วัน (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรงชีวภาพมีอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรงร่วมกับการใช้ไอโซนมีอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 26) ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

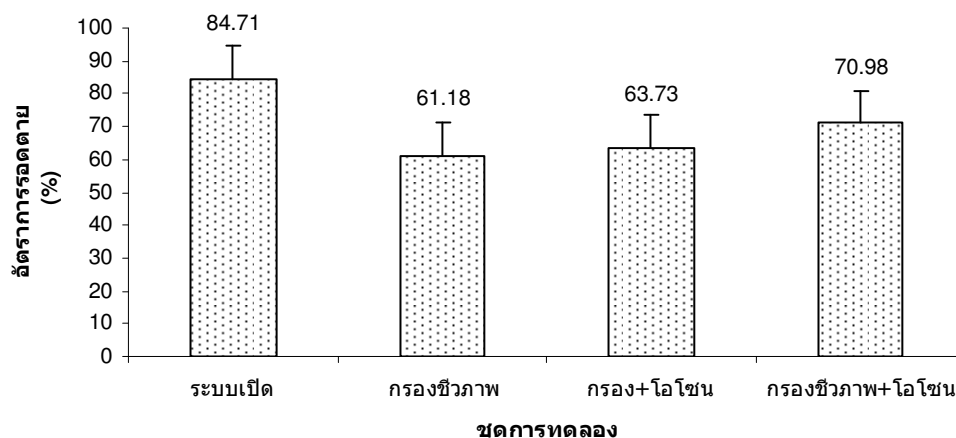


ภาพที่ 26 อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, $n = 3$)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

5) อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของหอยอยู่ในช่วง 61.18 ± 13.83 ถึง $84.71 \pm 5.56\%$ (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรงชีวภาพมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีอัตราการรอดตายของหอยเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 27) ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

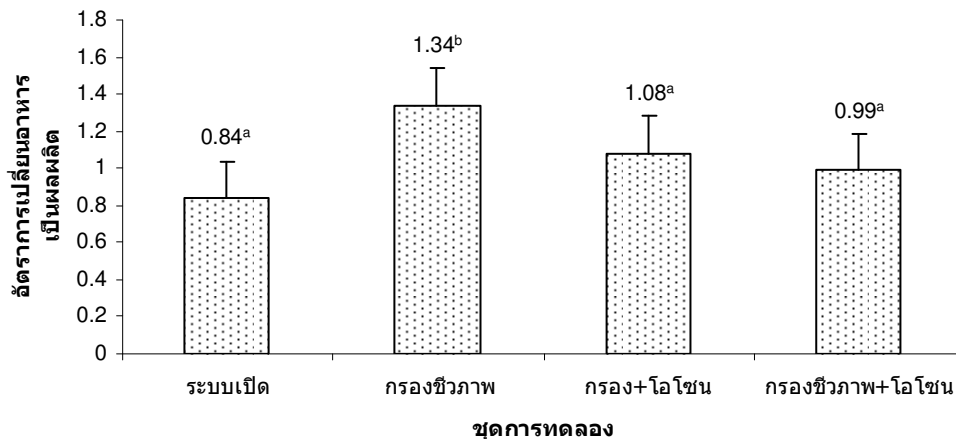


ภาพที่ 27 อัตราการรอดตายในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

6) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต

น้ำหนักอาหารที่หอยกินตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 175.21 – 257.75 ก. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) โดยหอยมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตอยู่ในช่วง 0.84 ± 0.01 ถึง 1.34 ± 0.15 โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 28) ในชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด, ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ

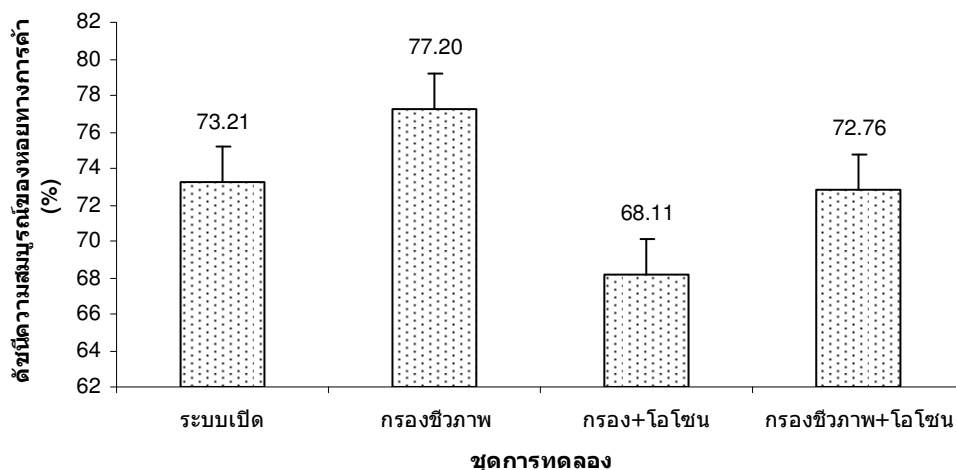


ภาพที่ 28 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

7) ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า

ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าอยู่ในช่วง 68.11 ± 5.21 ถึง $77.20 \pm 3.17\%$ (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซนมีดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าเฉลี่ยต่ำสุด และในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 29) ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 29 ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ของหอยทางการค้าในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.1.3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำกับการเจริญเติบโตของหอย

หวาน

1) ชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ดังข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวก ก. ที่ 3

- อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.574$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการรอดตาย ($r = -0.954, -0.973$ และ -0.615 ตามลำดับ)

- ความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.935$ และ -0.906 ตามลำดับ)

- ความเป็นกรด – ด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นด่าง และฟอสเฟต ($r = 0.775$ และ 0.820 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.968$ และ -0.947 ตามลำดับ)

- ความเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง และฟอสเฟต ($r = 0.775$ และ 0.508 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.985$ และ -0.970 ตามลำดับ)

- แอมโมเนียของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนเตรท BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.591, 0.536$ และ 0.860 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.989$ และ -0.997 ตามลำดับ)

- ไนโตรท์ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนเตรท และของแข็งแขวนลอย ($r = 0.811$ และ 0.664 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.695, -0.867, -0.902, -0.771$ และ -0.500 ตามลำดับ)

- ไนเตรทของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนโตรท์ BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.591, 0.811, 0.554, 0.643$ และ 0.544 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.581, -0.997$ และ -0.910 ตามลำดับ)

- ฟอสเฟตของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ต่าง และความเป็นด่าง ($r = 0.820$ และ 0.508 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.999$ และ -0.998 ตามลำดับ)
- ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.521, 0.583, 0.982$ และ 0.855 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับไนไตรท์ ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.695, -0.581$ และ -0.555 ตามลำดับ)
- BOD ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามแอมโมเนีย ไนเตรท และของแข็งแขวนลอย ($r = 0.536, 0.554$ และ 0.588 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.945$ และ -0.918 ตามลำดับ)
- ของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนไตรท์ ไนเตรท BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.664, 0.643, 0.588$ และ 0.535 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.988$ และ -0.974 ตามลำดับ)
- แบคทีเรียทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอุณหภูมิ แอมโมเนีย ไนเตรท และของแข็งแขวนลอย ($r = 0.574, 0.860, 0.544$ และ 0.535 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.555, -0.818, -0.859, -0.825$ และ -0.577 ตามลำดับ)
- อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = 0.521$ และ 0.997 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.954, -0.935, -0.968, -0.985, -0.989, -0.867, -0.999, -0.945, -0.998$ และ -0.818 ตามลำดับ)
- อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = 0.583$ และ 0.997 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.973, -0.906, -0.947, -0.970, -0.997, -0.902, -0.998, -0.918, -0.974$ และ -0.859 ตามลำดับ)

- อัตราการรอดตายมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.982$ และ 0.937 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับ อุณหภูมิ ในไตรท์ ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.615, -0.771, -0.997$ และ -0.825 ตามลำดับ)

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับ ออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการรอดตาย ($r = 0.855$ และ 0.937 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับ ไนไตรท์ ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.500, -0.910$ และ -0.577 ตามลำดับ)

2) ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ ดังข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวก ก. ที่

4

- อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย ($r = 0.615$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.997$ และ -0.765 ตามลำดับ)

- ความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.746, -0.913, -0.636$ และ -0.999 ตามลำดับ)

- ความเป็นกรด – ด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความ เป็นด่าง และฟอสเฟต ($r = 0.757$ และ 0.560 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดย ความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.813, -0.864$ และ -0.989 ตามลำดับ)

- ความเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง ($r = 0.757$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโต โดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.858, -0.820$ และ -0.974 ตามลำดับ)

- แอมโมเนียของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนไตรท์ ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.681, 0.543$ และ 0.664 ตามลำดับ) แปรผกผันกับออกซิเจน ละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตรา การเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.671, -0.975, -0.601$ และ -0.857 ตามลำดับ)

- ไนไตรท์ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟต ($r = 0.681, 0.704$ และ 0.569 ตามลำดับ) แปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น ผลผลิต ($r = -0.692, -0.988, -0.771$ และ -0.608 ตามลำดับ)

- ไนเตรทของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนไตรท์ และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.704$ และ 0.520 ตามลำดับ) แปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการรอดตาย ($r = -0.562, -0.716$ และ -0.997 ตามลำดับ)
- ฟอสเฟตของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.560, 0.543, 0.569, 0.604$ และ 0.502 ตามลำดับ) แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.936, -0.704$ และ -0.919 ตามลำดับ)
- ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการรอดตาย ($r = 0.793$ และ 0.982 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.671, -0.692, -0.562$ และ -0.589 ตามลำดับ)
- BOD ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.764, -0.901$ และ -0.998 ตามลำดับ)
- ของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.604$ และ 0.510 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.905, -0.759$ และ -0.947 ตามลำดับ)
- แบคทีเรียทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต และของแข็งแขวนลอย ($r = 0.664, 0.520, 0.502$ และ 0.510 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.589, -0.963, -0.841$ และ -0.509 ตามลำดับ)
- อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.793, 0.665$ และ 0.722 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.997, -0.746, -0.813, -0.858, -0.975, -0.988, -0.716, -0.936, -0.764, -0.905$ และ -0.963 ตามลำดับ)

- อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักรวมมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.927$) แต่แปรผกผันกับความเค็ม ความเป็นกรด - ค่าความเป็นด่าง แอมโมเนีย ฟอสเฟต BOD และของแข็งแขวนลอย ($r = -0.913, -0.864, -0.820, -0.601, -0.704, -0.901$ และ -0.759 ตามลำดับ)

- อัตราการรอดตายมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = 0.615, 0.982$ และ 0.665 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเค็ม ไนโตรเจน ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.636, -0.771, -0.997$ และ -0.841 ตามลำดับ)

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = 0.722$ และ 0.927 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด - ค่าความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนโตรเจน ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.765, -0.999, -0.989, -0.974, -0.857, -0.608, -0.919, -0.998, -0.947$ และ -0.509 ตามลำดับ)

3) ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรงร่วมกับการใช้โอโซน ดังข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวก ก. ที่ 5

- อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย ($r = 0.548$) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ไนเตรท อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.509, -0.542, -0.998$ และ -0.719 ตามลำดับ)

- ความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = -0.929$)

- ความเป็นกรด - ค่าของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นด่าง ($r = 0.674$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.878$ และ -0.595 ตามลำดับ)

- ความเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด - ค่า ($r = 0.674$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.872$ และ -0.604 ตามลำดับ)

- แอมโมเนียของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนเตรท ฟอสเฟต ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.789, 0.608, 0.569$ และ 0.822 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.509, -0.520, -0.983$ และ -0.544 ตามลำดับ)

- ไนโตรที่ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.765, -0.888$ และ -0.980 ตามลำดับ)
- ไนเตรทของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ฟอสเฟต ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.789, 0.645, 0.569$ และ 0.728 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.542, -0.977$ และ -0.519 ตามลำดับ)
- ฟอสเฟตของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.608, 0.645$ และ 0.721 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก ($r = -0.998$ และ -0.644 ตามลำดับ)
- ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.746, 0.996, 0.952$ และ 0.555 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.520$ และ -0.754 ตามลำดับ)
- BOD ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.503$ และ -0.932 ตามลำดับ)
- ของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย และไนเตรท ($r = 0.569$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.592$ และ -0.879 ตามลำดับ)
- แบคทีเรียทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟต ($r = 0.822, 0.728$ และ 0.721 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักรอดตาย ($r = -0.754, -0.937, -0.896$ และ -0.777 ตามลำดับ)
- อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักรอดตาย ($r = 0.746, 0.685$ และ 0.508 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.998, -0.929, -0.878, -0.872, -0.983, -0.977, -0.998, -0.592$ และ -0.937 ตามลำดับ)

- อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักรวมมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.996, 0.685, 0.975$ และ 0.625 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.719, -0.544, -0.765, -0.519, -0.644$ และ -0.896 ตามลำดับ)

- อัตราการรอดตายมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.548, 0.952, 0.508, 0.975$ และ 0.782 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับไนโตรเจน BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.888, -0.503$ และ -0.777 ตามลำดับ)

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการรอดตาย ($r = 0.555, 0.625$ และ 0.782 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นด่าง ไนโตรเจน BOD และของแข็งแขวนลอย ($r = -0.595, -0.604, -0.980, -0.932$ และ -0.879 ตามลำดับ)

4) ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซน ดังข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวก ก. ที่ 6

- อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย ($r = 0.568$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = -0.892$)

- ความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = -0.664$)

- ความเป็นกรด – ด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นด่าง และฟอสเฟต ($r = 0.672$ และ 0.764 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = -0.762$)

- ความเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง ($r = 0.672$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = -0.783$)

- แอมโมเนียของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนโตรเจน ไนเตรต ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.713, 0.727, 0.541$ และ 0.728 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการรอดตาย ($r = -0.881$ และ -0.548 ตามลำดับ)

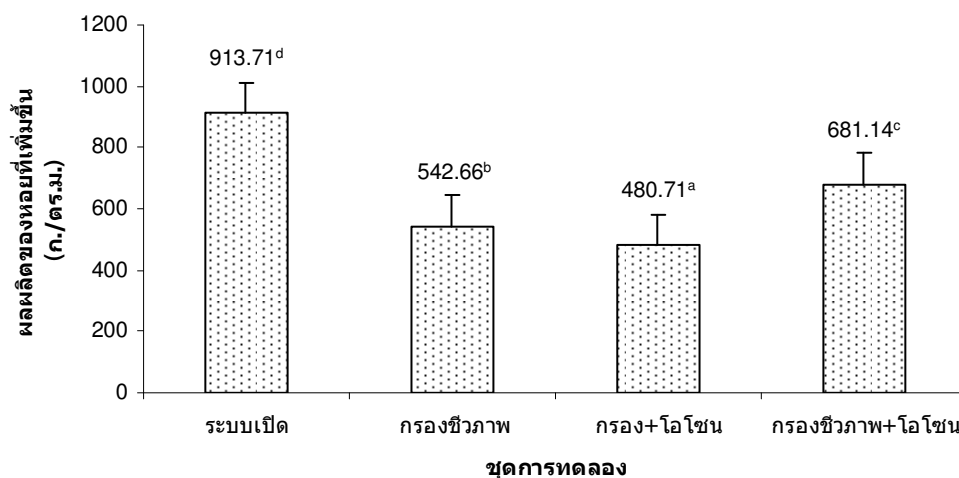
- ไนไตรท์ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.713, 0.685, 0.525$ และ 0.512 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = -0.778$)
- ไนเตรทของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนไตรท์ ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.727, 0.685, 0.546$ และ 0.530 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = -0.826$)
- ฟอสเฟตของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง แอมโมเนีย ไนเตรท ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.764, 0.541, 0.525, 0.546$ และ 0.629 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการรอดตาย ($r = -0.874$ และ -0.536 ตามลำดับ)
- ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.903, 0.885, 0.998$ และ 0.751 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.638$)
- BOD ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับของแข็งแขวนลอย ($r = 0.714$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.763$ และ -0.894 ตามลำดับ)
- ของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับ BOD ($r = 0.714$) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = -0.574$ และ -0.895 ตามลำดับ)
- แบคทีเรียทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต ($r = 0.728, 0.512, 0.530$ และ 0.629 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.638, -0.991, -0.701, -0.933$ และ -0.513 ตามลำดับ)
- อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการรอดตาย ($r = 0.903, 0.601$ และ 0.878 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.892, -0.664, -0.762, -0.783, -0.881, -0.778, -0.826, -0.874, -0.895$ และ -0.991 ตามลำดับ)

- อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.885, 0.601, 0.910$ และ 0.971 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับ BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.763$ และ -0.701 ตามลำดับ)
- อัตราการรอดตายมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.568, 0.998, 0.878, 0.910$ และ 0.786 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ฟอสเฟต ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.548, -0.536, -0.574$ และ -0.933 ตามลำดับ)
- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการรอดตาย ($r = 0.751, 0.971$ และ 0.786 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับ BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.894$ และ -0.513 ตามลำดับ)

3.1.4 ผลผลิตและต้นทุนการผลิต

1) ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น

ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 480.71 ± 201.78 ถึง 913.71 ± 100.98 ก./ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรงร่วมกับการใช้ไอโซนมีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 30) ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

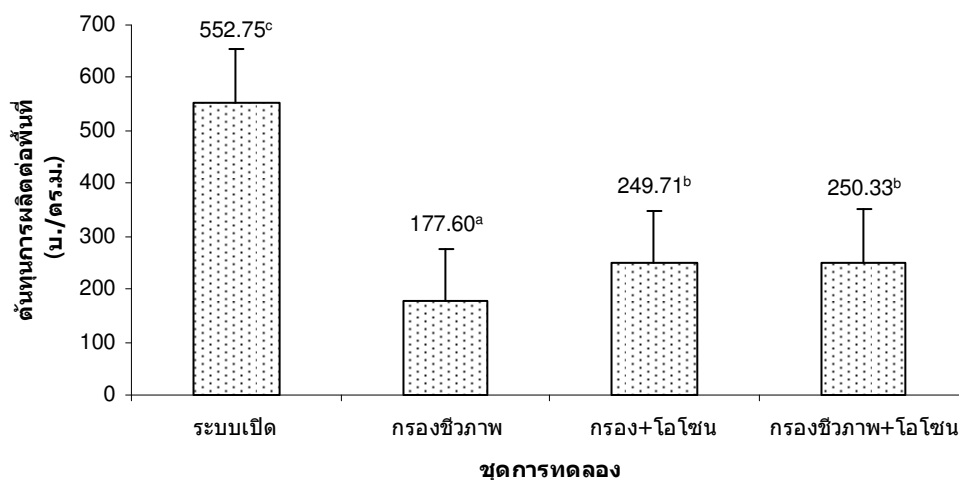


ภาพที่ 30 ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2) ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่

ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่อยู่ในช่วง 177.60 ± 0.49 ถึง 552.75 ± 0.03 บ./ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่เฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดมีต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่เฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ (ภาพที่ 31)

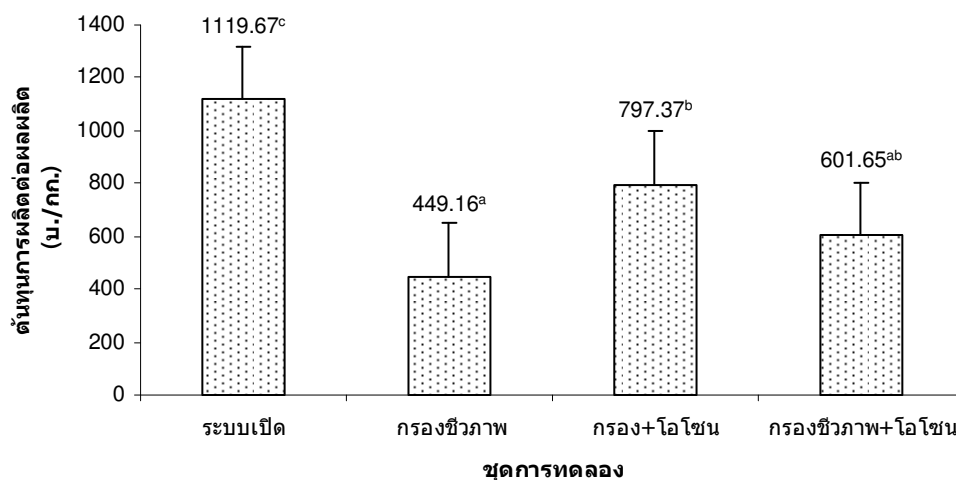


ภาพที่ 31 ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3) ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิต

ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตอยู่ในช่วง 449.16 ± 55.64 ถึง 1119.67 ± 80.57 บ./ก.ก. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2) โดยชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ และชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ส่วนชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน (ภาพที่ 32)



ภาพที่ 32 ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.2 ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานในระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน

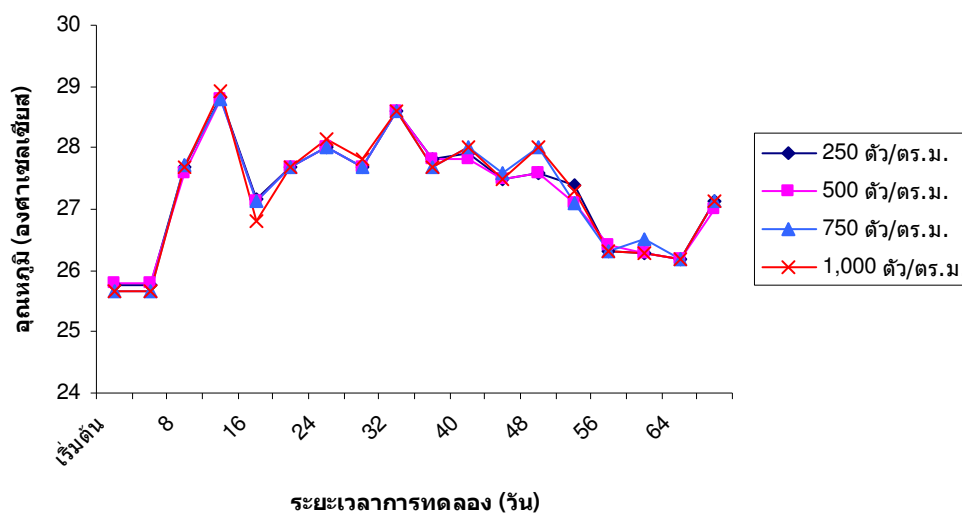
จากผลการทดลองที่ 1 ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีคุณภาพน้ำเหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของหอยหวาน ทำให้หอยมีอัตราการรอดตาย (70.98%) และผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น (681.14 ก./ตร.ม.) สูงเป็นอันดับสองรองจากระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด แต่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ดังนั้นจึงเลือกใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนในการทดลองที่ 2 เลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นอายุประมาณ 60 วัน (ความยาวเปลือกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.840 – 0.867 ซม.) ดำเนินการทดลองไปทั้งสิ้น 68 วัน จึงหยุดการทดลอง เนื่องจากในแต่ละชุดการทดลองมีหอยตาย 10%

3.2.1 คุณภาพน้ำ

1) อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มดำเนินการทดลองในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 25.67 ± 0.04 ถึง 25.80 ± 0.15 °C ในระหว่างการทดลองอุณหภูมิของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 25.77 – 28.83 °C (ภาพที่ 33) และอุณหภูมิของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 27.35 ± 0.20 ถึง 27.40 ± 0.21 °C โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/

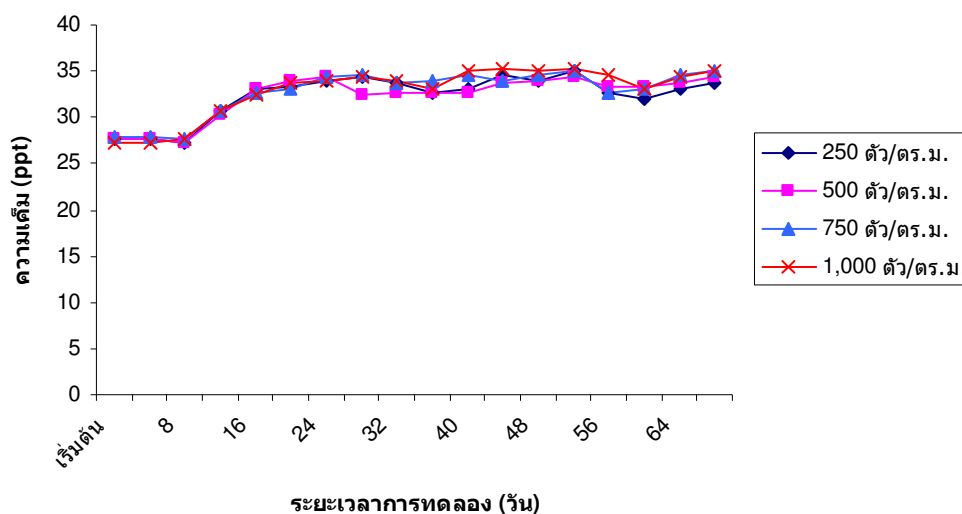
ตร.ม. มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

2) ความเค็ม

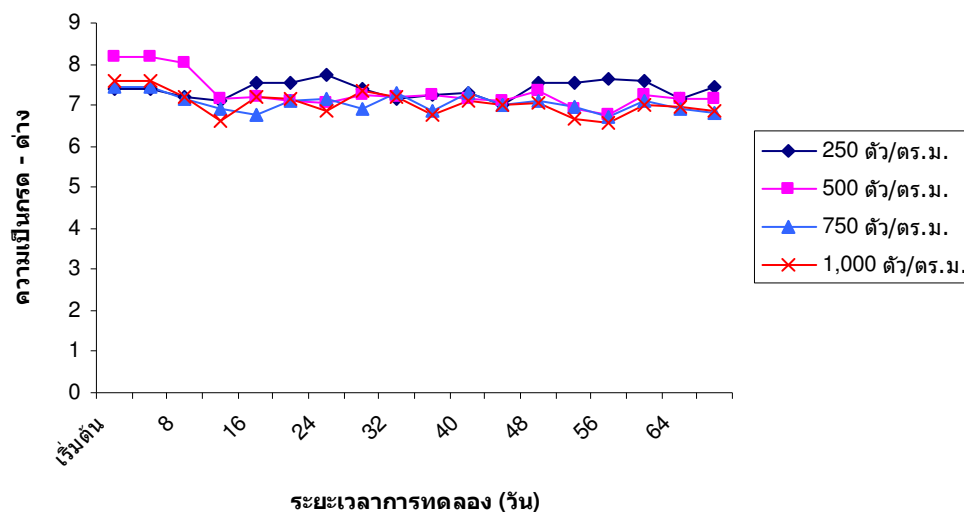
ความเค็มของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 27.33 ± 0.58 ถึง 28.00 ± 0.00 ppt ในระหว่างการทดลองความเค็มของน้ำต่ำสุด - สูงสุดอยู่ในช่วง 27.33 - 35.33 ppt (ภาพที่ 34) และความเค็มตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 32.57 ± 0.52 ถึง 33.22 ± 0.60 ppt โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. มีความเค็มของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเค็มของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

3) ความเป็นกรด – ด่าง

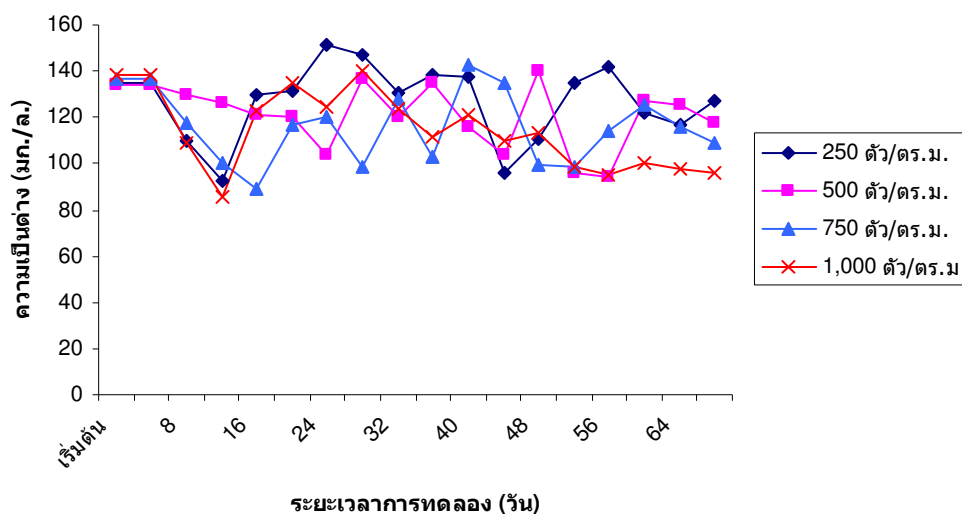
ความเป็นกรด – ด่างของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 7.41 ± 0.05 ถึง 8.15 ± 0.14 โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเป็นกรด – ด่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. มีความเป็นกรด – ด่างของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 750 ตัว/ตร.ม. แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. ในระหว่างการทดลองความเป็นกรด – ด่างของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 7.02 – 8.15 (ภาพที่ 35) และความเป็นกรด – ด่างของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 7.00 ± 0.07 ถึง 7.38 ± 0.05 โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเป็นกรด – ด่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเป็นกรด – ด่างของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด – ต่างของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

4) ความเป็นต่าง

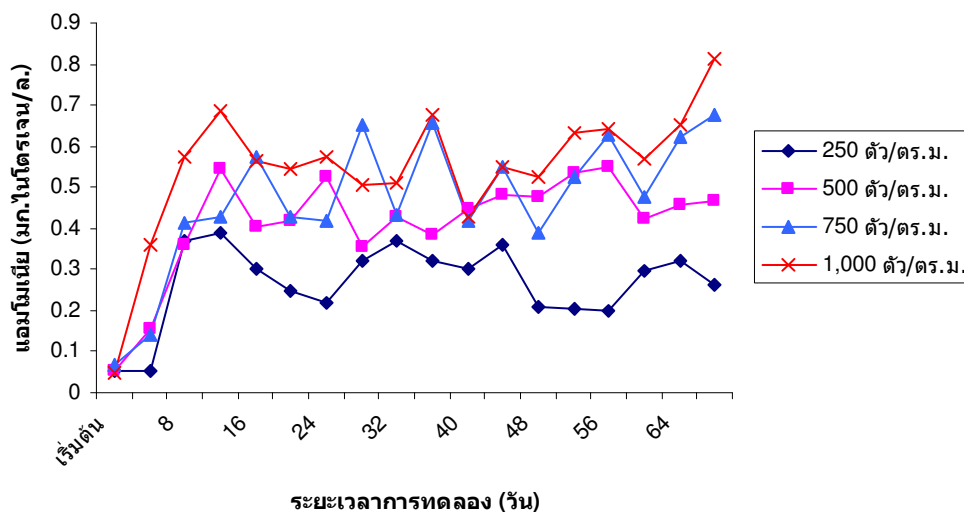
ความเป็นต่างของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 134.00 ± 5.75 ถึง 138.00 ± 7.99 มก./ล. ในระหว่างการทดลองความเป็นต่างของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 86.00 – 151.00 มก./ล. (ภาพที่ 36) และความเป็นต่างของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 113.15 ± 3.93 ถึง 126.57 ± 4.03 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเป็นต่างของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเป็นต่างของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ส่วนชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงความเป็นต่างของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

5) แอมโมเนีย

ความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 0.045 ± 0.001 ถึง 0.059 ± 0.001 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 750 ตัว/ตร.ม. และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. ในระหว่างการทดลองความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำต่ำสุด - สูงสุดอยู่ในช่วง 0.054 - 0.813 มก.ไนโตรเจน/ล. (ภาพที่ 37) และความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.279 ± 0.020 ถึง 0.577 ± 0.025 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 500 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)

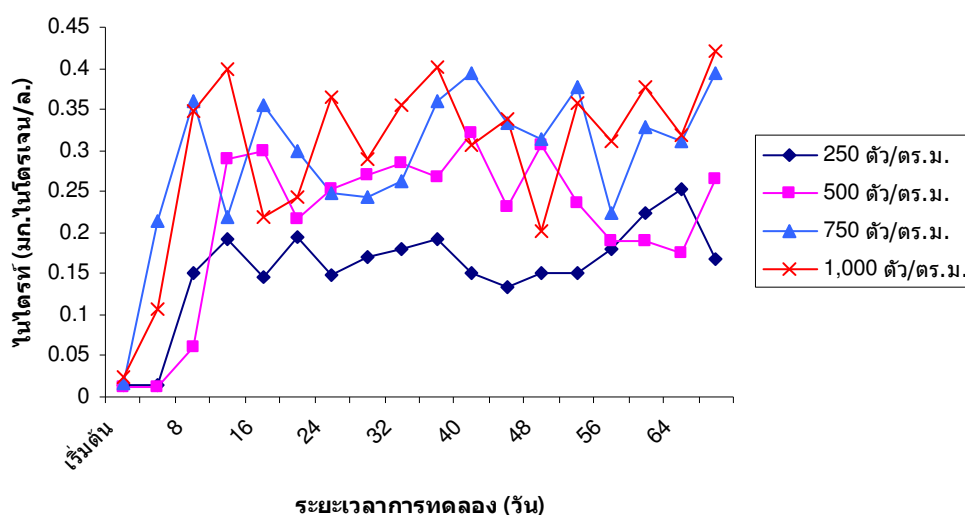


ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

6) ไนไตรท์

ความเข้มข้นของไนไตรท์ของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 0.012 ± 0.001 ถึง 0.018 ± 0.001 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของไนไตรท์ของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของไนไตรท์ของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 500 ตัว/ตร.ม. แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ในระหว่างการทดลองความเข้มข้นของไนไตรท์ของน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 0.012 – 0.421 มก.ไนโตรเจน/ล. (ภาพที่ 38) และความเข้มข้นของไนไตรท์ตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.165 ± 0.012 ถึง 0.315 ± 0.020 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของไนไตรท์ของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของไนไตรท์ของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. และชุดการทดลองที่มีระดับความ

หนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)

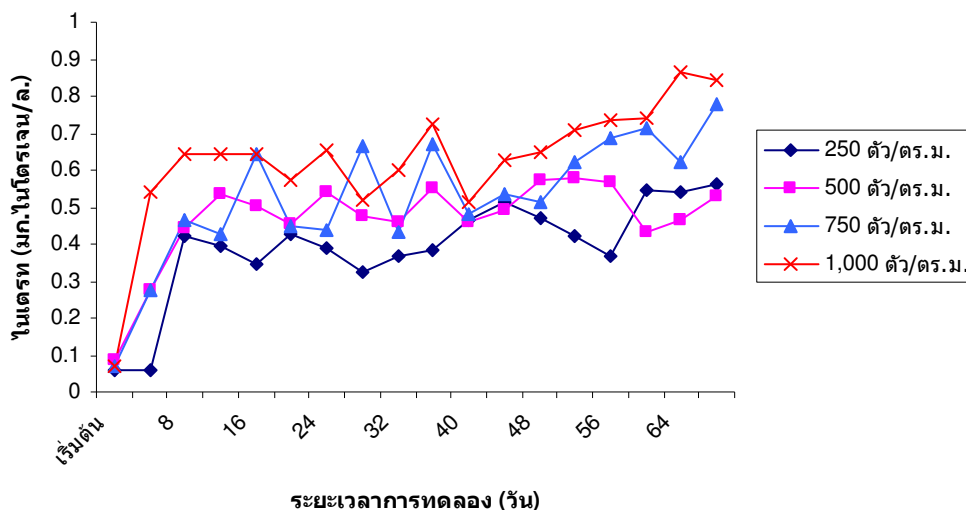


ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

7) ไนเตรท

ความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 0.062 ± 0.001 ถึง 0.088 ± 0.001 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 และ 750 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. ในระหว่างการทดลองความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำต่ำสุด - สูงสุดอยู่ในช่วง $0.062 - 0.864$ มก.ไนโตรเจน/ล. (ภาพที่ 39) และความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.413 ± 0.028 ถึง 0.660 ± 0.025 มก.ไนโตรเจน/ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ทุกชุดการทดลองความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มี

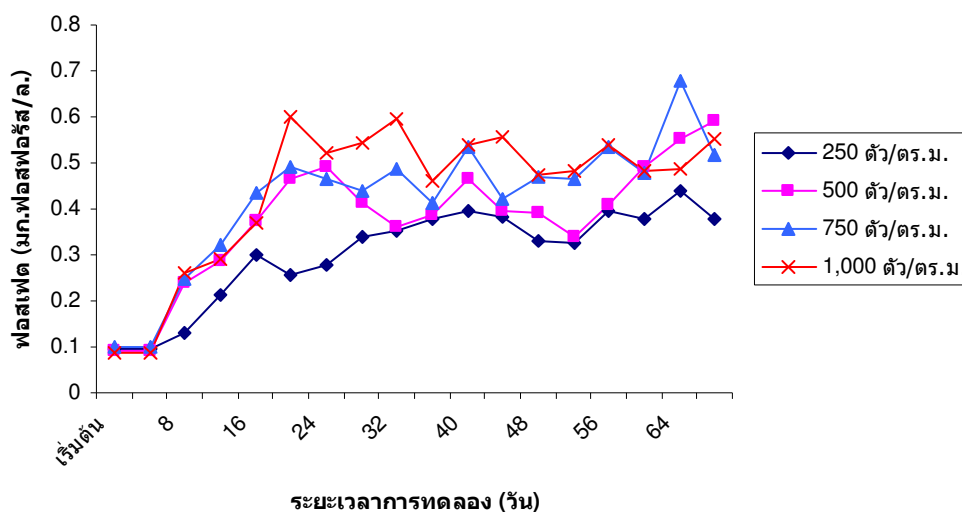
ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 750 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

8) ฟอสเฟต

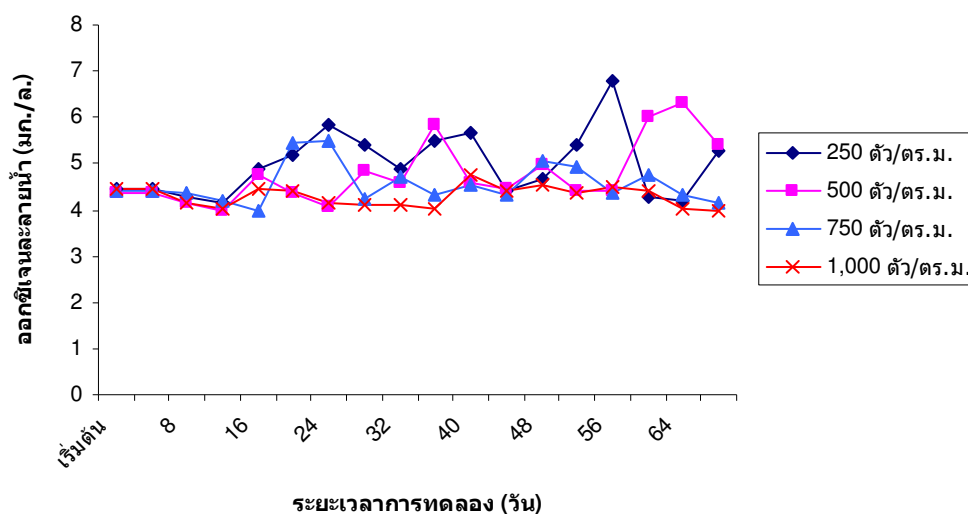
ความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 0.087 ± 0.002 ถึง 0.098 ± 0.006 มก.ฟอสฟอรัส/ล. ในระหว่างการทดลองความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำต่ำสุด - สูงสุดอยู่ในช่วง $0.093 - 0.679$ มก.ฟอสฟอรัส/ล. (ภาพที่ 40) และความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0.316 ± 0.023 ถึง 0.462 ± 0.033 มก.ฟอสฟอรัส/ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ส่วนชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

9) ออกซิเจนละลายน้ำ

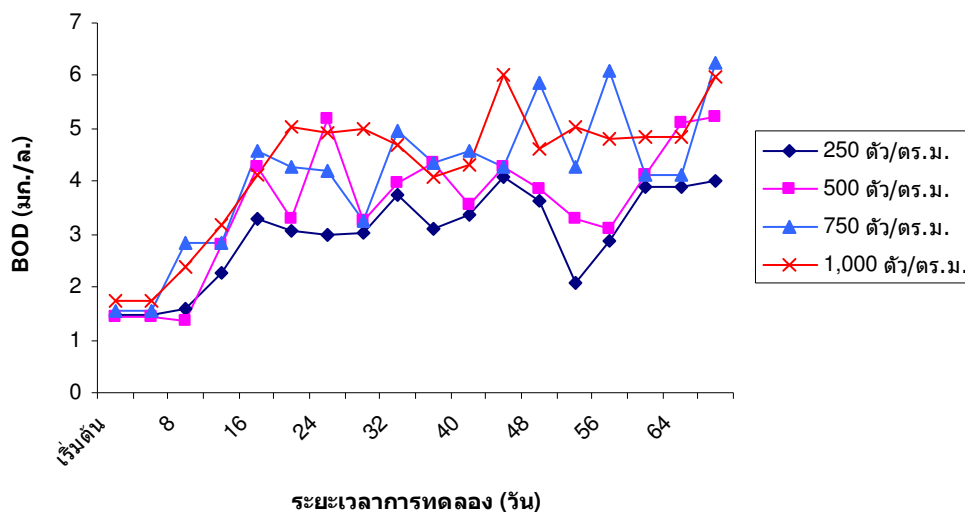
ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 4.37 ± 0.61 ถึง 4.47 ± 0.30 มก./ล. ในระหว่างการทดลองความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 4.00 – 6.81 มก./ล. (ภาพที่ 41) และความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 4.29 ± 0.06 ถึง 5.02 ± 0.17 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 750 ตัว/ตร.ม. แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

10) BOD

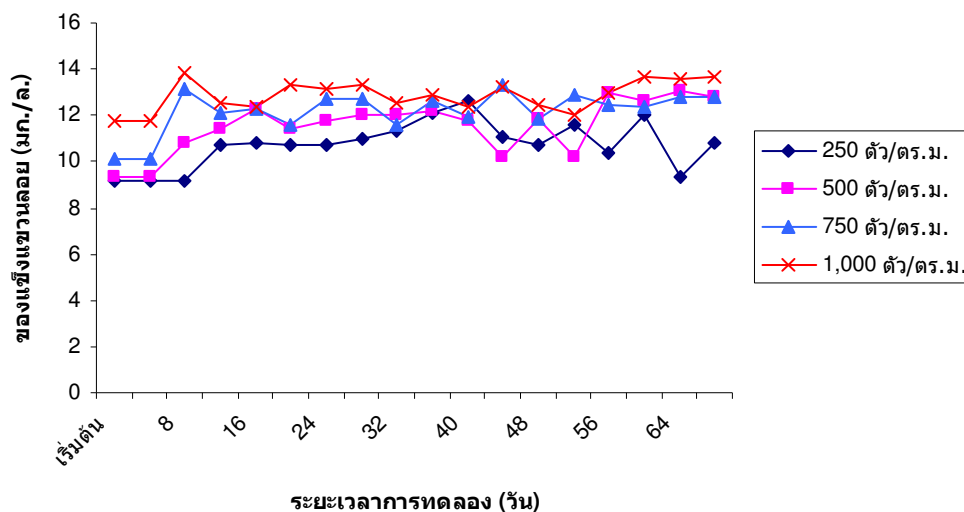
ค่า BOD ของน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 1.42 ± 0.11 ถึง 1.73 ± 0.05 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. มีค่า BOD ของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีค่า BOD ของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250, 500 และ 750 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. ในระหว่างการทดลองค่า BOD ของน้ำต่ำสุด - สูงสุดอยู่ในช่วง $1.37 - 6.24$ มก./ล. (ภาพที่ 42) และค่า BOD ตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 3.09 ± 0.20 ถึง 4.45 ± 0.27 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีค่า BOD ของน้ำเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีค่า BOD ของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ส่วนชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ BOD ของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

11) ของแข็งแขวนลอย

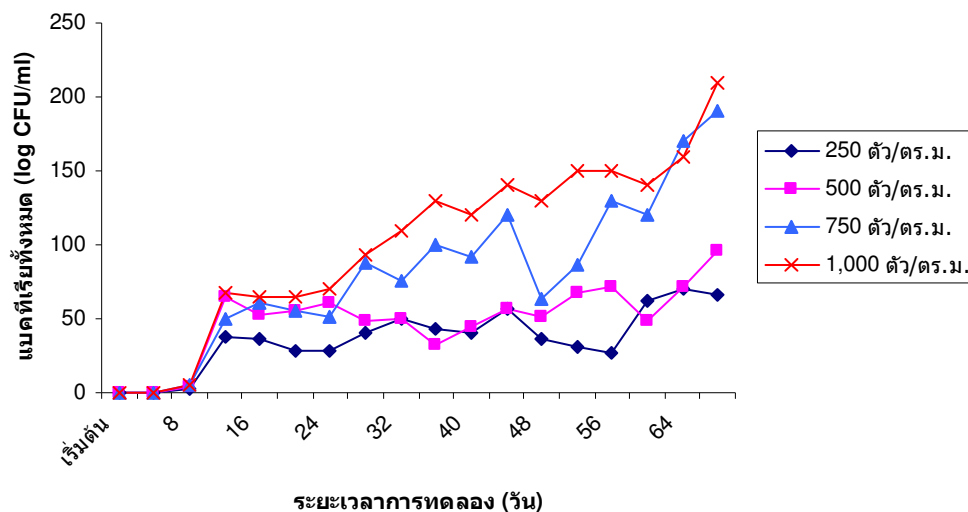
ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 9.16 ± 0.28 ถึง 11.77 ± 0.13 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250, 500 และ 750 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. ในระหว่างการทดลองความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง 9.16 – 13.85 มก./ล. (ภาพที่ 43) และความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 10.85 ± 0.24 ถึง 12.93 ± 0.15 มก./ล. โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)



ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

12) แบคทีเรียทั้งหมด

ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง $3.0 \times 10^2 \pm 0.1 \times 10^2$ ถึง $3.2 \times 10^2 \pm 0.1 \times 10^2$ CFU/ml ในแต่ละชุดการทดลองปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในระหว่างการทดลองปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมดต่ำสุด – สูงสุดอยู่ในช่วง $3.0 \times 10^2 - 1.1 \times 10^6$ CFU/ml (ภาพที่ 44) และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดตลอดการทดลองอยู่ในช่วง $3.8 \times 10^4 \pm 4.6 \times 10^3$ ถึง $1.1 \times 10^6 \pm 1.3 \times 10^4$ CFU/ml โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7)

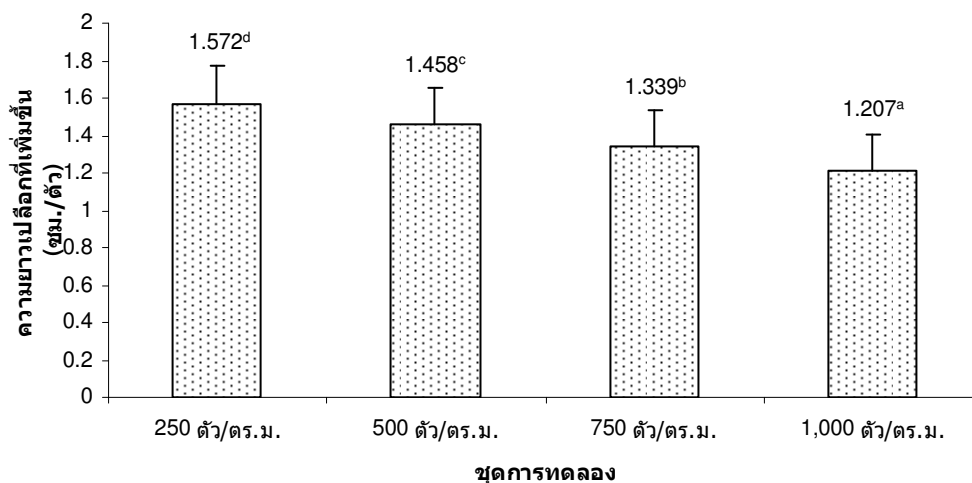


ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของน้ำในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน

3.2.2 การเจริญเติบโตของหอย

1) ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น

ความยาวเปลือกของหอยเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 0.840 ± 0.006 ถึง 0.867 ± 0.012 ซม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) เมื่อสิ้นสุดการทดลองหอยมีความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.207 ± 0.023 ถึง 1.572 ± 0.037 ซม./ตัว โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. หอยมีความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. หอยมีความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 45)

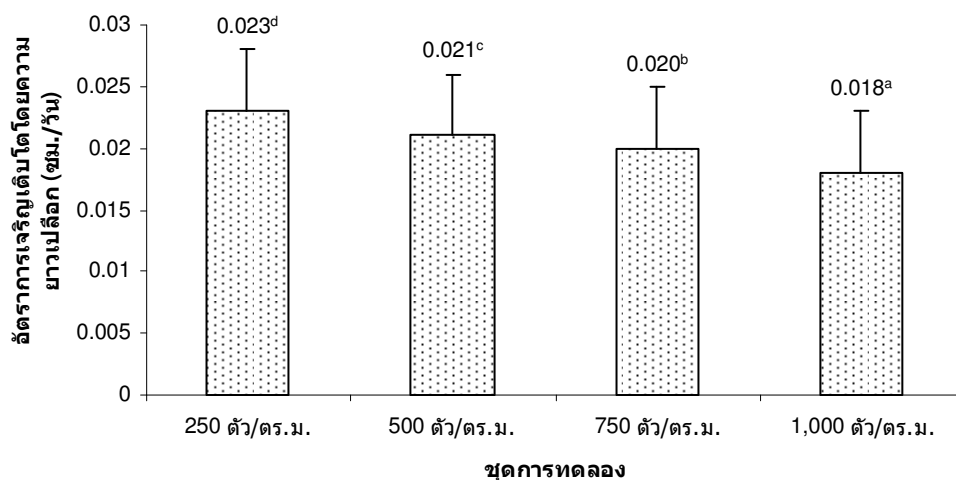


ภาพที่ 45 ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2) อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก

หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกอยู่ในช่วง 0.018 ± 0.000 ถึง 0.023 ± 0.001 ซม./วัน (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 46)

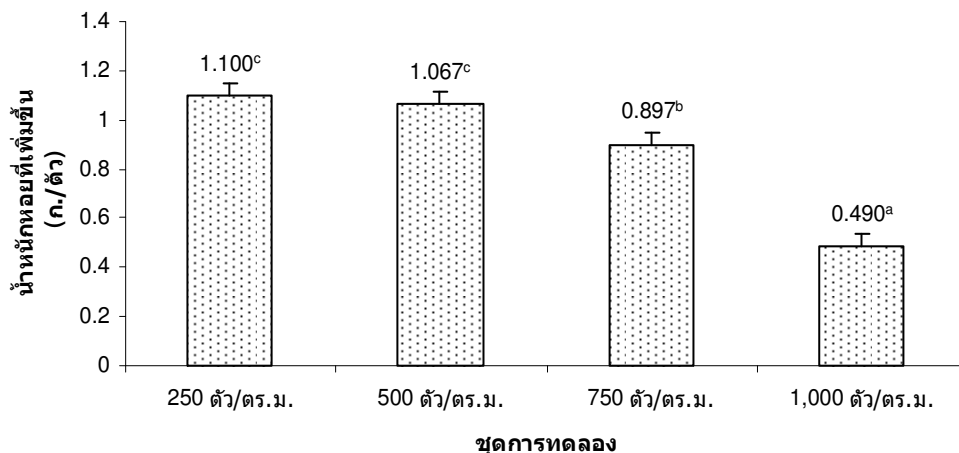


ภาพที่ 46 อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, $n = 3$)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3) น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้น

น้ำหนักหอยเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 0.949 ± 0.018 ถึง 0.966 ± 0.006 ก./ตัว (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) เมื่อสิ้นสุดการทดลองหอยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2.067 ± 0.044 ถึง 2.304 ± 0.067 ก./ตัว โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. หอยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. หอยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. (ภาพที่ 47)

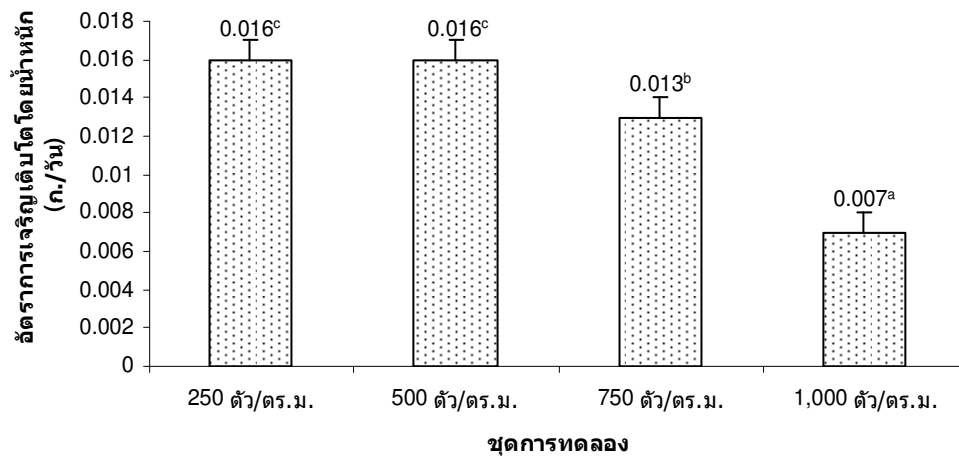


ภาพที่ 47 น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4) อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยอยู่ในช่วง 0.030 ± 0.001 ถึง 0.034 ± 0.001 ก./วัน (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักของหอยเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. (ภาพที่ 48)

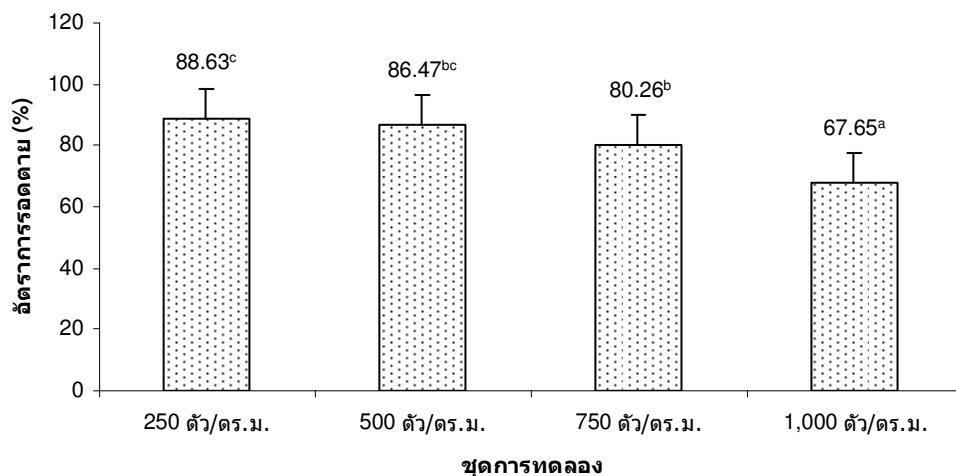


ภาพที่ 48 อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

5) อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของหอยอยู่ในช่วง 67.65 ± 1.87 ถึง $88.63 \pm 2.08\%$ (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการรอดตายของหอยเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการรอดตายของหอยเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ในชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 750 ตัว/ตร.ม. ในชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. (ภาพที่ 49)

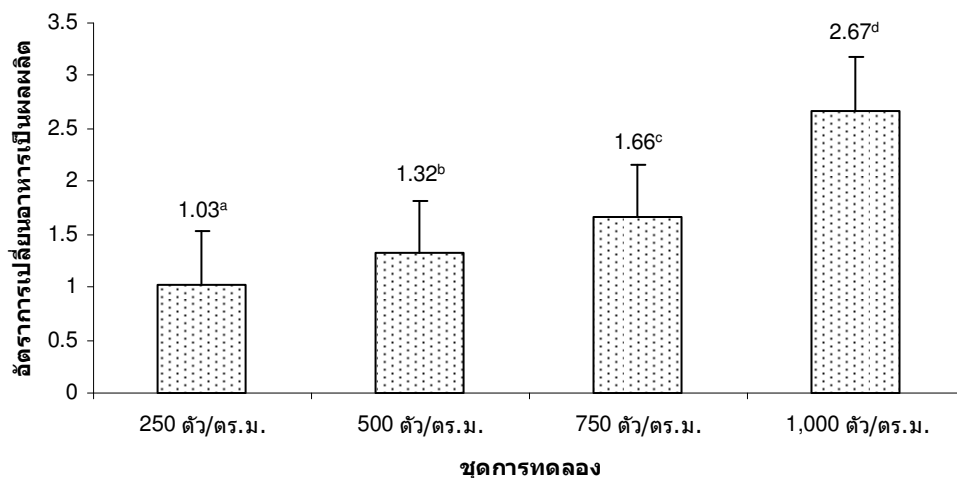


ภาพที่ 49 อัตราการรอดตายในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกขาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

6) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต

น้ำหนักอาหารที่หอยกินตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 85.32 – 302.07 ก. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) โดยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตอยู่ในช่วง 1.03 ± 0.03 ถึง 2.67 ± 0.09 โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 50)

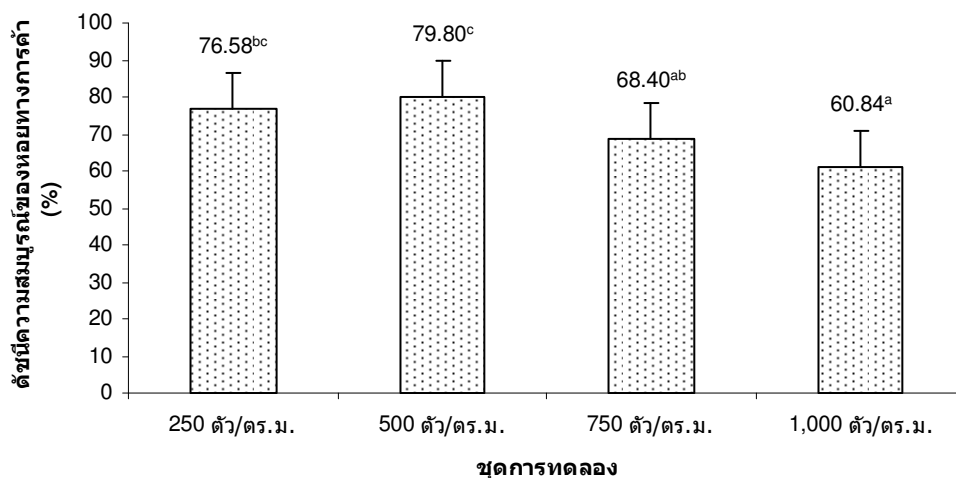


ภาพที่ 50 อัตราการผลิตอาหารเป็นผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

7) ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า

ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าอยู่ในช่วง 60.84 ± 2.25 ถึง $79.79 \pm 3.19\%$ (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. มีดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 500 และ 750 ตัว/ตร.ม. และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. (ภาพที่ 51)



ภาพที่ 51 ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้าในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวาน ระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3.3.3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำกับการเจริญเติบโตของหอย

หวาน

- 1) ชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. ดังข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวก ก. ที่ 9
 - อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ($r = 0.582$)
 - ความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.762, 0.676, 0.560$ และ 0.616 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.813$ และ -0.897 ตามลำดับ)
 - ความเป็นกรด – ด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม และออกซิเจนละลายน้ำ ($r = 0.627$ และ 0.544 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ($r = -0.649$)
 - ความเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง และออกซิเจนละลายน้ำ ($r = 0.627$ และ 0.755 ตามลำดับ)

- แอมโมเนียของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอุณหภูมิ ไนโตรที่ และไนเตรท ($r = 0.582, 0.611$ และ 0.531 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด – ด่าง อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.649, -0.557, -0.755$ และ -0.853 ตามลำดับ)
- ไนโตรที่ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.611, 0.729, 0.623, 0.527$ และ 0.663 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.755$ และ -0.853 ตามลำดับ)
- ไนเตรทของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนโตรที่ ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.531, 0.729, 0.649, 0.676$ และ 0.730 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.755$ และ -0.853 ตามลำดับ)
- ฟอสเฟตของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม ไนโตรที่ ไนเตรท BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.762, 0.623, 0.649, 0.819, 0.544$ และ 0.827 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.502, -0.552$ และ -0.681 ตามลำดับ)
- ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง และความเป็นด่าง ($r = 0.544$ และ 0.755 ตามลำดับ)
- BOD ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันผันตามกับความเค็ม ไนโตรที่ ไนเตรท ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.676, 0.527, 0.676, 0.819$ และ 0.882 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.506, -0.675$ และ -0.787 ตามลำดับ)
- ของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์ในความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม และฟอสเฟต ($r = 0.560$ และ 0.544 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.748$ และ -0.847 ตามลำดับ)
- แบคทีเรียทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์ในความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม ไนโตรที่ ไนเตรท ฟอสเฟต และ BOD ($r = 0.616, 0.663, 0.730, 0.827$ และ 0.882 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.728, -0.710$ และ -0.816 ตามลำดับ)

- อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.866$ และ 0.936 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.557, -0.502, -0.506$ และ -0.728 ตามลำดับ)

- อัตราการรอดตายมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.866$ และ 0.986 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.813, -0.755, -0.755, -0.755, -0.552, -0.675, -0.748$ และ -0.710 ตามลำดับ)

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก และอัตราการรอดตาย ($r = 0.936$ และ 0.986 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.897, -0.853, -0.853, -0.853, -0.681, -0.787, -0.847$ และ -0.816 ตามลำดับ)

2) ชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ดังข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวก ก. ที่ 10

- อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนโตรเจน ($r = 0.607$) แต่แปรผกผันกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.721$)

- ความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.856, 0.647, 0.671, 0.616, 0.810, 0.831, 0.505$ และ 0.799 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย ($r = -0.637$)

- ความเป็นกรด – ด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม ความเป็นด่าง ($r = 0.856$ และ 0.616 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.830, -0.714, -0.735, -0.663, -0.642, -0.502$ และ -0.839 ตามลำดับ)

- ความเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง ($r = 0.616$) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย แบคทีเรียทั้งหมด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.616, -0.686$ และ -0.683 ตามลำดับ)

- แอมโมเนียของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม ใน ไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.647, 0.593, 0.842, 0.538, 0.590$ และ 0.775 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ด่าง และความเป็นด่าง ($r = -0.830$ และ -0.616 ตามลำดับ)
- ไนไตรท์ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอุณหภูมิ ความเค็ม แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.607, 0.671, 0.593, 0.666, 0.530, 0.605$ และ 0.592 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ด่าง อัตราการเจริญเติบโตโดย น้ำหนัก และอัตราการรอดตาย ($r = -0.714, -0.550$ และ -0.554 ตามลำดับ)
- ไนเตรทของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนไตรท์ และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.616, 0.842, 0.666$ และ 0.636 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ด่าง และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.735$ และ -0.630 ตามลำดับ)
- ฟอสเฟตของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนไตรท์ BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.810, 0.538, 0.530, 0.844, 0.751$ และ 0.757 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.663, -0.526$ และ -0.808 ตามลำดับ)
- ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.727$) แต่แปรผกผันกับฟอสเฟต BOD และของแข็งแขวนลอย ($r = -0.526, -0.539$ และ -0.591 ตามลำดับ)
- BOD ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนไตรท์ ฟอสเฟต ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.831, 0.590, 0.605, 0.844, 0.621$ และ 0.714 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการรอดตาย ($r = -0.642, -0.539$ และ -0.579 ตามลำดับ)
- ของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.505, 0.751, 0.621$ และ 0.555 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.502, -0.591$ และ -0.777 ตามลำดับ)
- แบคทีเรียทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต BOD และของแข็งแขวนลอย ($r = 0.799, 0.775, 0.592,$

0.636, 0.757, 0.714 และ 0.555 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นค่า และอัตราการรอดตาย ($r = -0.839, -0.686$ และ -0.507 ตามลำดับ)

- อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.997$ และ 0.791 ตามลำดับ)

- อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.997$ และ 0.791 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับไนไตรท์ ($r = -0.550$)

- อัตราการรอดตายมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.997, 0.997$ และ 0.751 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเค็ม ไนไตรท์ BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.637, -0.554, -0.579$ และ -0.507 ตามลำดับ)

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการรอดตาย ($r = 0.727, 0.791, 0.791$ และ 0.751 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเป็นค่า ไนเตรท ฟอสเฟต และของแข็งแขวนลอย ($r = -0.721, -0.683, -0.630, -0.808$ และ -0.777 ตามลำดับ)

3) ชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. ดังข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวก ก. ที่ 11

- อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการรอดตาย ($r = -0.618$)

- ความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.601, 0.545, 0.826, 0.678$ และ 0.686 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย ($r = -0.991$)

- ความเป็นกรด – ด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นค่า และอัตราการรอดตาย ($r = 0.717$ และ 0.695 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ไนเตรท ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.865, -0.785, -0.608$ และ -0.554 ตามลำดับ)

- ความเป็นค่าของน้ำมีลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง และอัตราการรอดตาย ($r = 0.717$ และ 0.722 ตามลำดับ)

- แอมโมเนียของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม ไนเตรท ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.601, 0.882, 0.643, 0.539, 0.740$ และ 0.762 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด – ด่าง และอัตราการรอดตาย ($r = -0.865$ และ -0.910 ตามลำดับ)
- ไนโตรท์ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการรอดตาย ($r = -0.669$)
- ไนเตรทของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ฟอสเฟต BOD ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.545, 0.882, 0.572, 0.580, 0.617$ และ 0.777 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด – ด่าง และอัตราการรอดตาย ($r = -0.785$ และ -0.715 ตามลำดับ)
- ฟอสฟอรัสของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนเตรท BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.826, 0.643, 0.572, 0.723$ และ 0.766 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย ($r = -0.594$)
- ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย ($r = 0.927$)
- BOD ของน้ำมีลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.678, 0.539, 0.580, 0.723$ และ 0.640 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.762$)
- ของแข็งแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย และไนเตรท ($r = 0.740$ และ 0.617 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด – ด่าง และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.608$ และ -0.919 ตามลำดับ)
- แบคทีเรียทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนเตรท ฟอสเฟต และ BOD ($r = 0.686, 0.762, 0.777, 0.766$ และ 0.640 ตามลำดับ) แปรผกผันกับความเป็นกรด – ด่าง และอัตราการรอดตาย ($r = -0.554$ และ -0.951 ตามลำดับ)
- อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย ($r = 0.645$)
- อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.980$)
- อัตราการรอดตายมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด – ด่าง ความเป็นด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก ($r = 0.695,$

0.722, 0.927 และ 0.645 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเค็ม แอมโมเนีย ไนโตรที่ ไนเตรท ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.618, -0.991, -0.910, -0.669, -0.715, -0.594$ และ -0.951 ตามลำดับ)

- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับ อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักร ($r = 0.980$) แต่แปรผกผันกับ BOD และของแข็งแขวนลอย ($r = -0.762$ และ -0.919 ตามลำดับ)

4) ชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. ดังข้อมูลแสดงในตาราง ภาคผนวก ก. ที่ 12

- อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.988$ และ -0.733 ตามลำดับ)

- ความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.902, 0.920$ และ 0.819 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.908$ และ -0.986 ตามลำดับ)

- ความเป็นกรด - ค่าของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นค่า อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.806, 0.995$ และ 0.877 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ไนโตรที่ ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.766, -0.675, -0.598$ และ -0.551 ตามลำดับ)

- ความเป็นค่าของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด - ค่า อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.806, 0.998$ และ 0.792 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย ไนโตรที่ ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.742, -0.624, -0.742$ และ -0.536 ตามลำดับ)

- แอมโมเนียของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับไนโตรที่ ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.719, 0.812$ และ 0.581 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ค่า ความเป็นค่า ออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.766, -0.742, -0.607, -0.994$ และ -0.762 ตามลำดับ)

- ไนโตรที่ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนเตรท และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.719, 0.798$ และ 0.695 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ค่า ความเป็นค่า ออกซิเจนละลายน้ำ อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.675, -0.624, -0.574, -0.963$ และ -0.947 ตามลำดับ)

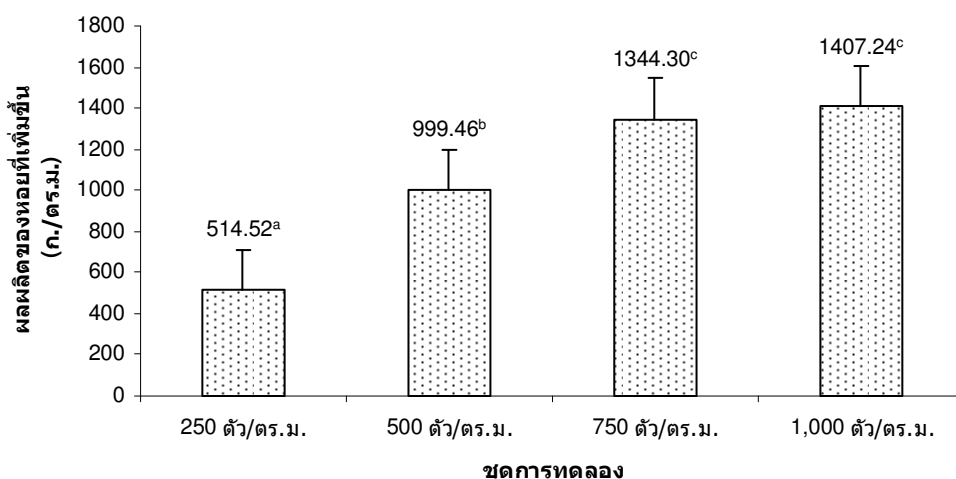
- ไนเตรทของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับแอมโมเนีย ไนไตรท์ และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.812, 0.798$ และ 0.642 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ด่าง ความเป็นค่า อัตรการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.598, -0.742, -0.938$ และ -0.582 ตามลำดับ)
- ฟอสเฟตของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.902, 0.904$ และ 0.684 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.932$ และ -0.568 ตามลำดับ)
- ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.957$ และ 0.630 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแอมโมเนีย และไนไตรท์ ($r = -0.607$ และ -0.574 ตามลำดับ)
- BOD ของน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม ฟอสเฟต และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = 0.920, 0.904$ และ 0.800 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.998$ และ -0.854 ตามลำดับ)
- แบคทีเรียทั้งหมดในน้ำมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเค็ม แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และ BOD ($r = 0.819, 0.581, 0.695, 0.642, 0.684$ และ 0.800 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับความเป็นกรด - ด่าง ความเป็นค่า อัตรการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก อัตรการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = -0.551, -0.536, -0.589, -0.900$ และ -0.989 ตามลำดับ)
- อัตรการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับอัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.686$ และ 0.976 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.589$)
- อัตรการรอดตายมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด - ด่าง ความเป็นค่า ออกซิเจนละลายน้ำ และอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ($r = 0.995, 0.998, 0.957, 0.686$ และ 0.826 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความเค็ม แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.988, -0.908, -0.994, -0.963, -0.938, -0.932, -0.998$ และ -0.900 ตามลำดับ)
- อัตรการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตามกับความเป็นกรด - ด่าง ความเป็นค่า ออกซิเจนละลายน้ำ อัตรการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก และอัตราการรอดตาย ($r = 0.877, 0.792, 0.630, 0.976$ และ 0.826 ตามลำดับ) แต่แปรผกผันกับอุณหภูมิ ความ

เต็ม แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต BOD และแบคทีเรียทั้งหมด ($r = -0.733, -0.986, -0.762, -0.947, -0.582, -0.568, -0.854$ และ -0.989 ตามลำดับ)

3.3.4 ผลผลิต และต้นทุนการผลิต

1) ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น

ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 514.52 ± 15.01 ถึง 1407.24 ± 30.36 ก./ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 และ 500 ตัว/ตร.ม. (ภาพที่ 52)

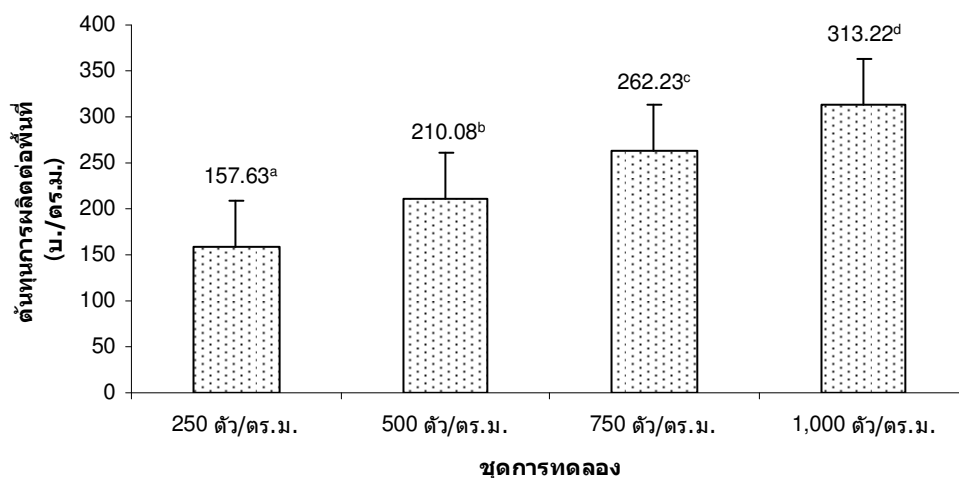


ภาพที่ 52 ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, $n = 3$)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2) ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่

ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่อยู่ในช่วง 157.63 ± 0.08 ถึง 313.22 ± 0.35 บ./ตร.ม. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่เฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่เฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 53)

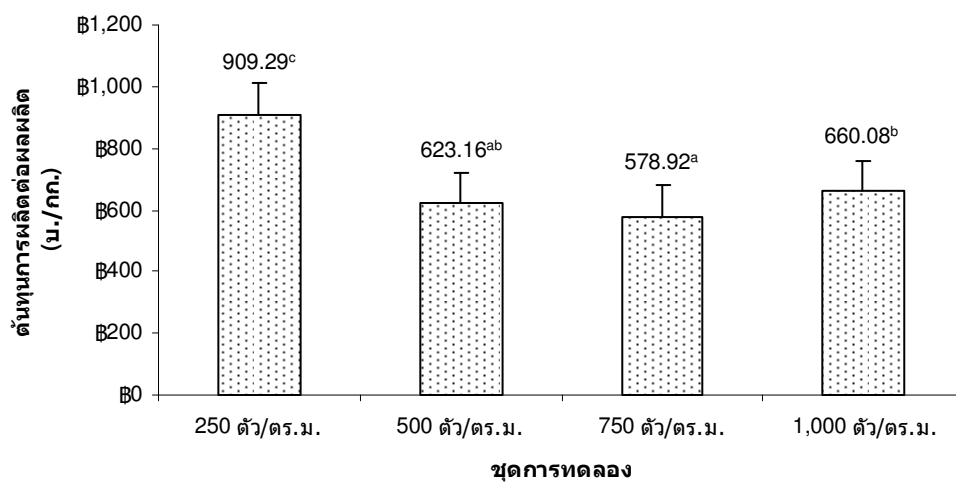


ภาพที่ 53 ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3) ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิต

ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตเฉลี่ยในช่วง 578.92 ± 16.61 ถึง 909.29 ± 26.59 บ./กก. (ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8) โดยชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. มีต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. ส่วนชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. (ภาพที่ 54)



ภาพที่ 54 ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ต้น/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

บทที่ 4

วิจารณ์

4.1 ระบบน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์

จากการทดลองเลี้ยงหอยหวานอายุประมาณ 60 วัน (ความยาวเปลือกเฉลี่ย 1.026 – 1.047 ซม.) อัตราความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพหอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซนและระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซน ในแต่ละชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกสอดคล้องกับการทดลองของ นิลนาจ และศิรุษา (2540) ที่เลี้ยงหอยหวานความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 1.20 ซม. ด้วยระบบน้ำทะเลหมุนเวียน (น้ำจากบ่อเลี้ยงเข้าสู่บ่อกรองชีวภาพ เมื่อผ่านการบำบัดจะไหลกลับเข้าสู่บ่อเลี้ยง) อัตราความหนาแน่น 450 ตัว/ตร.ม. ใช้ปลาข้างเหลืองเป็นอาหาร โดยให้หอยกินอาหารจนอิ่ม (satiation feeding) คือให้อาหารในปริมาณมากและปล่อยให้หอยกินอาหารจนกระทั่งหอยหยุดกินอาหาร ในระยะเวลา 90 วัน หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเท่ากับ 0.018 ซม./วัน แต่เมื่อพิจารณาด้านอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักพบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดหอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซน ระบบกรองชีวภาพและระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซน ส่วนอัตราการรอดตาย พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีอัตราการรอดตายสูงสุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซน ระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซน และระบบกรองชีวภาพ ส่วนอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักและอัตราการรอดตายในแต่ละชุดการทดลองต่ำกว่าการทดลองของ นิลนาจ และศิรุษา (2540) ที่เลี้ยงหอยหวานด้วยระบบน้ำทะเลหมุนเวียนในบ่อซีเมนต์จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีผลต่อคุณภาพน้ำในระบบน้อยกว่าการใช้ตู้กระจก โดยการทดลองของ นิลนาจ และศิรุษา (2540) ใช้หอยหวานความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 1.20 ซม. หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.041 ก./วัน มีอัตราการรอดตายสูงกว่า 90% ในทุกชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นดีที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซน ระบบกรองชีวภาพ และระบบกรองร่วมกับการใช้ไอโซน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตในชุดการทดลองระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดดีที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซน

ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และระบบกรองชีวภาพ แต่เมื่อพิจารณาจากดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า (ปริมาณเนื้อหอย) พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพดีที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน และระบบกรองชีวภาพ

ชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอดมีต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่สูง (552.75 บ./ตร.ม.) เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าสูบน้ำทะเลในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ รองลงมาคือระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน (250.33 บ./ตร.ม.) ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน (249.71 บ./ตร.ม.) และระบบกรองชีวภาพ (177.60 บ./ตร.ม.) ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพดีที่สุด (449.16 บ./กก.) รองลงมาคือระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน (601.65 บ./กก.) ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน (797.37 บ./กก.) และระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด (1,119.67 บ./กก.)

เมื่อพิจารณาจากการเจริญเติบโต การรอดตาย ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น และต้นทุนการผลิต พบว่า ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนมีความเหมาะสมที่สุด มีคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการทดลองดังนี้

อุณหภูมิของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 27.23 – 30.17 °C ซึ่งมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานตามรายงานของ รัตนา และประวิม (2531); นิพนธ์ และลือชัย (2543); Chaitanawisuti และ Krisanapuntu (1997) ที่รายงานว่าอุณหภูมิที่หอยหวานสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างเหมาะสมคือ 25 – 30 °C

ความเค็มของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 34.00 – 39.67 ppt ซึ่งอาจเกิดจากการระเหยของน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิของบรรยากาศในห้องทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันสูง ความเค็มของน้ำมีค่าสูงกว่ารายงานของ นิลนาจ และศิรุษยา (2540) ที่รายงานว่า ความเค็มของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานควรมีความเค็มอยู่ในช่วง 25 – 35 ppt ซึ่งความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อการกินอาหารและอัตราการเจริญเติบโต แต่ในการทดลองความเค็มของน้ำที่สูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ เพียง 1 วัน ก็ทำการปรับความเค็มของน้ำให้มีความเหมาะสม จึงทำให้ความเค็มของน้ำไม่มีผลต่อการกินอาหารและอัตราการเจริญเติบโตของหอย Petterson และคณะ (1994) รายงานว่า หอยหวานสามารถทนได้ที่ระดับความเค็มของน้ำทะเล 31 – 35 ppt

ความเป็นกรด – ด่างของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 7.21 – 8.33 ซึ่งมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานตามรายงานของ มั่นสิน และไพพรรณ (2539) ที่รายงานว่า สิ่งมีชีวิตในน้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติที่ความเป็นกรด – ด่างเหมาะสมคือ อยู่ในช่วง 6 – 9

ความเป็นต่างของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 58.33 – 178.67 มก./ล. ความเป็นต่างของน้ำลดลง เนื่องจากถูกหอยหวานใช้ในการสร้างเปลือกและการใช้ไอโซนในการลดปริมาณแอมโมเนียจะมีผลทำให้ความเป็นต่างของน้ำลดต่ำลง โดยในขณะที่ไอโซนลดแอมโมเนียจะผลิต H^+ ซึ่งจะลดความเป็นต่างในอัตรา 4.2 ppm ของความเป็นต่าง/1 ppm NH_3-N (นิวุติ และคณะ, 2547) ความเป็นต่างของน้ำเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อลักษณะภายนอกของเปลือก การเจริญเติบโตของหอยหวาน (นิลนาจ และศิริษา, 2540; Whangchai *et al.*, 2002) ในการทดลองความเป็นต่างของน้ำลดต่ำลงเป็นระยะเวลาสั้นๆ เพียง 1 วัน ก็ทำการเติมน้ำปูนขาว จึงทำให้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน ส่วนในช่วงทำการทดลองความเป็นต่างของน้ำเพิ่มสูงขึ้นมาก เนื่องจากมีหอยตาย จึงทำให้ความเป็นต่างของน้ำสูง นิลนาจ และศิริษา (2540) รายงานว่าความเป็นต่างที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานอยู่ในช่วง 100 – 120 มก./ล.

แอมโมเนียของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 0.140 – 0.813 มก.ไนโตรเจน/ล. ซึ่งมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานตามรายงานของ นิลนาจ และศิริษา (2540) ที่รายงานว่าการเลี้ยงหอยหวานในน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานไม่เกิน 1 มก.ไนโตรเจน/ล.

ไนไตรท์ของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 0.012 – 0.421 มก.ไนโตรเจน/ล. ซึ่งมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานตามรายงานของ นิลนาจ และศิริษา (2540) ที่รายงานว่าการเลี้ยงหอยหวานไม่เกิน 4.5 มก.ไนโตรเจน/ล.

ไนเตรทของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 0.145 – 0.687 มก.ไนโตรเจน/ล. ซึ่งมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานตามรายงานของ CoIt (2006) ที่รายงานว่าการเลี้ยงหอยหวานในน้ำที่มีค่าสูงกว่า 1,000 มก.ไนโตรเจน/ล.

ออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 4.60 – 7.40 มก./ล. ซึ่งมีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานตามรายงานของ นิลนาจ และศิริษา (2540) ที่รายงานว่าการเลี้ยงหอยหวานในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในระดับไม่น้อยกว่า 4.00 มก./ล. โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับออกซิเจนในน้ำในบ่อเลี้ยงหอยหวานในช่วงเช้ามืดไม่ควรต่ำกว่า 3.00 มก./ล.

จากข้อมูลคุณภาพน้ำในระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซนมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยหวานในระยะเวลาการเลี้ยง 68 วัน โดยน้ำจากการเลี้ยงหอยหวานไหลเข้าสู่การกรองกายภาพตะกอนและสารแขวนลอยต่างๆ จะถูกดักไว้ในชั้นสารกรอง เมื่อน้ำไหลเข้าสู่ระบบกรองชีวภาพ แอมโมเนียจะถูกบำบัดโดยแบคทีเรียภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (มันสิน และไพพรรณ, 2539) ส่วนแบคทีเรียและเชื้อโรคต่างๆ จะถูกฆ่าเชื้อในบ่อเติมไอโซน และการใช้ไอโซนปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำ

(Liltved *et al.*, 1995) ดังนั้นน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนจึงมีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระบบปิดน้ำหมุนเวียน

4.2 ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานในระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน

จากการศึกษาการเลี้ยงหอยหวานในระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนที่มีระดับความหนาแน่น 250, 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. อัตราการไหลของน้ำ 2.25 ล./ชม. เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า หอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกในชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. สูงสุด รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. โดยในทุกชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก (0.018 – 0.023 ชม./วัน) ใกล้เคียงกับการทดลองของธวัช และคณะ (2548) ที่เลี้ยงหอยหวานความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 1.13 ซม. ในบ่อซิเมนต์ระบบปิดชีวภาพ อัตราความหนาแน่น 355 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 63 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเท่ากับ 0.018 ซม./วัน และการทดลองของนิลนาจ และสิริษา (2540) ที่เลี้ยงหอยหวานความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 1.20 ซม. ในบ่อซิเมนต์ระบบน้ำหมุนเวียน อัตราความหนาแน่น 450 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเท่ากับ 0.018 ซม./วัน

อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักและอัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. มีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. ทุกชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (0.007 – 0.016 ก./วัน) และอัตราการรอดตาย (67.65 – 88.63%) ต่ำกว่าการทดลองของนิลนาจ และสิริษา (2540) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.041 ก./วัน และอัตราการรอดตายเท่ากับ 90% ในทุกชุดการทดลอง และการทดลองของธวัช และคณะ (2548) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.045 ก./วัน และอัตราการรอดตายเท่ากับ 95% ซึ่งอาจเป็นผลมาจากขนาดเริ่มต้นของหอยที่ใช้ในการทดลองนี้เล็กกว่าการทดลองอื่น นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของหอยในบ่อซิเมนต์น้อยกว่าในตู้กระจก

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตในชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. ดีที่สุด (1.03) รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500, 750 และ 1,000 ตัว/ตร.ม. (1.32, 1.66 และ 2.67 ตามลำดับ) ทุกชุดการทดลอง ยกเว้นชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตดีกว่าการทดลองของธวัช และคณะ (2548) ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตเท่ากับ 2.0 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากคุณภาพน้ำ โดยใน

ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250, 500 และ 750 ตัว/ตร.ม. มีคุณภาพน้ำเหมาะสม ทำให้หอยกินอาหาร และเจริญเติบโตดี (นิลนาจ และศิริษา, 2540)

ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นในชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม. มีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. ชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. และชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม. ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น (514.52 – 1,407.24 ก./ตร.ม.) ต่ำกว่าการทดลองของลือชัย และคณะ (2548) ที่เลี้ยงหอยหวานในกระชังในบ่อดิน ขนาดกระชัง 1.2 x 1.2 x 0.5 ม. ความหนาแน่น 400 ตัว/ตร.ม. ระยะเวลาการเลี้ยง 112 วัน ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2,423.61 ก./ตร.ม. ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเลี้ยงหอยหวานในกระชังในบ่อดินมีปริมาณแร่ธาตุที่เหมาะสมต่อการสร้างเปลือก และการเจริญเติบโต นอกจากนี้ของเสียจากการขับถ่ายของหอย และเศษอาหารที่เหลือยังไม่ตกค้างในกระชัง ทำให้น้ำในกระชังมีคุณภาพดีอยู่เสมอ นิลนาจ และศิริษา (2540) รายงานว่า ความเป็นกรด – ด่าง และความเป็นด่างของน้ำจะมีผลต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโต ความต้านทานโรค ความแข็งแรง และสีของเปลือกในหอยหวาน

จากการศึกษาการเลี้ยงหอยหวาน โดยใช้ระบบปิดน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัด โดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนที่ระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. หอยมีอัตราการเจริญเติบโตสูง เป็นรองจากการเลี้ยงหอยหวานที่มีระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม. แต่เมื่อพิจารณาด้านคุณภาพน้ำ ต้นทุนการผลิตและผลผลิตของหอย พบว่า การเลี้ยงหอยหวานที่มีระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการทดลองดังนี้ อุณหภูมิของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 25.77 – 28.83 °C ความเค็มของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 27.33 – 35.33 ppt ความเป็นกรด – ด่างของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 7.02 – 8.15 ความเป็นด่างของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 86.00 – 151.00 มก./ล. ในการทดลองความเป็นด่างของน้ำลดต่ำลงเป็นระยะเวลาสั้นๆ เพียง 1 วัน ก็ทำการเติมน้ำปูนขาว จึงทำให้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน ส่วนความเป็นด่างของน้ำสูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ จากค่าที่เหมาะสมไม่มีผลต่อหอย เนื่องจากหอยมีความหนาแน่นสูงทำให้การดึงแร่ธาตุจากน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตสูงตามไปด้วย แอมโมเนียของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 0.054 – 0.813 มก.ไนโตรเจน/ล. ไนไตรท์ของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 0.012 – 0.421 มก.ไนโตรเจน/ล. ไนเตรทของน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 0.062 – 0.864 มก.ไนโตรเจน/ล. ออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุด – สูงสุด เท่ากับ 4.00 – 6.81 มก./ล. จากข้อมูลคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ในการเลี้ยงหอยหวานที่ระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงหอยหวาน (รัตนา และประวิม, 2531; มั่นสิน และไพพรรณ, 2539;

นิลนัจ และสิริฐษา, 2540; นิพนธ์ และลือชัย, 2543; Petterson *et al.*, 1994; Chaitanawisuti and Krisanapuntu, 1997; Whangchai *et al.*, 2002; Colt, 2006)

การเลี้ยงหอยหวานโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนที่ระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อการเจริญเติบโต และเพียงพอต่อการย่อยสลายแอมโมเนียไปเป็นไนเตรท โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน แอมโมเนียลดลงส่งผลทำให้ค่า BOD และของแข็งแขวนลอยในน้ำลดลง เมื่อมีอาหารสำหรับการเจริญเติบโตน้อย ทำให้ปริมาณแบคทีเรียในน้ำลดลงตามไปด้วย (สมหมาย, 2539) ดังนั้นเมื่อคุณภาพน้ำมีความเหมาะสม ส่งผลให้หอยกินอาหารและมีการเจริญเติบโตดี มีผลผลิตสูง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การศึกษาระบบน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นที่ระดับความหนาแน่นเชิงพาณิชย์ (ความหนาแน่นเท่ากับ 500 ตัว/ตร.ม.)

ชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซนมีความเหมาะสมมากที่สุดในการเลี้ยงหอยหวาน โดยให้ผลผลิตสูงและมีต้นทุนการผลิตต่ำ หอยมีอัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือกเท่ากับ 0.019 ซม./วัน อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.028 ก./วัน อัตราการรอดตายเท่ากับ 70.98% อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตเท่ากับ 0.99 ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 681.14 ก./ตร.ม. ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่เท่ากับ 250.33 บ./ตร.ม. ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตเท่ากับ 601.65 บ./กก. ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ และไนเตรท เหลือตลอดการทดลองเท่ากับ 0.277, 0.450 และ 0.553 มก. ไนโตรเจน/ล. ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน และเป็นระบบการเลี้ยงที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

5.1.2 การศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวานในระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซน

การเลี้ยงหอยหวานโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้ไอโซนในระบบปิดน้ำหมุนเวียน อัตราการไหลของน้ำ 2.25 ล./ชม. ที่ระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม. มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตที่สูง โดยหอยมีอัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือกเท่ากับ 0.020 ซม./วัน อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเท่ากับ 0.013 ก./วัน อัตราการรอดตายเท่ากับ 80.26% อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิตเท่ากับ 1.66 ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1,344.30 ก./ตร.ม. ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่เท่ากับ 262.23 บ./ตร.ม. ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิตเท่ากับ 578.92 บ./กก. ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ และไนเตรทเหลือตลอดการทดลองเท่ากับ 0.496, 0.308 และ 0.554 มก. ไนโตรเจน/ล. ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยหวาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การทดลองนี้เป็นการทดลองการเลี้ยงหอยหวานในตู้กระจกภายใต้โรงเพาะฟัก หากจะนำไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานในบ่อปูนหรือบ่อดินควรมีการทดลองเพิ่มเติมในเรื่องอื่นๆ เช่น อัตราการไหลและระยะเวลาในการหมุนเวียนน้ำ

2) การใช้โอโซนในการบำบัดน้ำในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ศึกษาถึงความเข้มข้นของโอโซนและระยะเวลาในการสัมผัสที่เกิดขึ้นในระบบ อีกทั้งปริมาณ โอโซนตกค้างที่เข้าสู่ตู้ทดลอง และปริมาณความเข้มข้นของโอโซนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของหอยหวาน ดังนั้นควรศึกษาประเด็นนี้เพิ่มเติม

3) ในการเลี้ยงหอยหวานโดยใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซนในระบบปิด น้ำหมุนเวียนควรมีการทดลองเพิ่มเติมในเรื่องปริมาณการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อทำการเลี้ยงประมาณ 68 วัน เนื่องจากหอยมีขนาดโตขึ้นทำให้สิ่งขับถ่ายและปริมาณเศษอาหารที่เหลือในระบบเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งแร่ธาตุที่สำคัญในน้ำมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการสร้างเปลือกเพื่อการเจริญเติบโต

เอกสารอ้างอิง

- กมลกาญจน์ ลักษณา, กานดา มานัสทน, เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ และณัฏพล เจียรสำราญ. 2545. การหาเวลาที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 1 – 3 เดือน ด้วยไอโซน. วารสารวิศวกรรมสาร (มก.) 45: 16 – 25.
- กรมประมง. 2543. โครงการเลี้ยงกุ้งยั่งยืน. การฝึกอบรม/สัมมนาเกษตรกร หลักสูตร การพัฒนาระบบบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนา. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กอบศักดิ์ เกตุเหมือน. 2548. อิทธิพลของไนโตรเจนและแสงที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำทะเลแบบชีวภาพ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 95 หน้า.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. มิตรนราการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 442 หน้า.
- จรัญ วงษ์วิวัฒนาวุฒิ, วัลลภ ทิมดี และสมพิศ พรรณนา. 2547. ชีววิทยาบางประการและการเลี้ยงหอยหวาน. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์. ระหว่างวันที่ 27 – 30 กันยายน 2547 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง. กรมประมง และ SEAFDEC Aquaculture Department. 15 หน้า.
- ชูสินธุ์ ชนะสิทธิ์. 2550. การเลี้ยงหอยเป่าสี้อระยะวัยรุ่น โดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 89 หน้า.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2544. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 663 หน้า.
- ธวัช ศรีวีระชัย, ชัชวาล วุฒิเมธี และจุฑารัตน์ ศิริสมบัติ. 2548. การเลี้ยงหอยหวานในบ่อซีเมนต์ระบบปิดน้ำหมุนเวียนชีวภาพ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 59/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 26 หน้า.

- นิพนธ์ ศิริพันธ์ และจรัญ วงษ์วิวัฒนาวุฒิ. 2543. การเพาะฟักหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link, 1807). เอกสารวิชาการฉบับที่ 51/2543 สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดชลบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งร่วมกับสำนักวิชาการ, กรมประมง. 46 หน้า.
- นิพนธ์ ศิริพันธ์ และลือชัย ครุณชู. 2543. การทดลองเลี้ยงหอยหวาน. วารสารการประมง 53: 541 – 557.
- นิลนาจ ชัยชนาวิสุทธิ์. 2545. อนาคตสัตว์น้ำเศรษฐกิจตัวใหม่: หอยเป้าฮื้อ และหอยหวาน. เอกสารประกอบสัมมนาเรื่อง การพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทย. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.
- นิลนาจ ชัยชนาวิสุทธิ์ และวรรณณี แสนทวีสุข. 2547. การเพาะเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*) หลักการและแนวปฏิบัติ. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 7 – 67.
- นิลนาจ ชัยชนาวิสุทธิ์ และศิริญา กฤษณะพันธุ์. 2540. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน: หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 114 หน้า.
- นิลนาจ ชัยชนาวิสุทธิ์ และอนุตร กฤษณะพันธุ์. 2542. การวิจัยเพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*) เชิงพาณิชย์. รายงานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 38 หน้า.
- นิวุฒิ หวังชัย, จิราพร โรจน์ทินกร, ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล, ประจวบ ฉายบุญ, อภินันท์ สุวรรณรักษ์, เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, ชุมพล ศรีทอง และ Masatoshi Matsumura. 2547. การพัฒนาระบบการเลี้ยงกุ้งแชบ๊วยแบบหนาแน่นโดยใช้ไอโซนปรับปรุงคุณภาพน้ำ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 51 หน้า.
- บังอร ศรีมุกดา, สุรชาติ ฉวีภักดิ์ และวริษฐา หนูปิ่น. 2548. การผลิตลูกหอยหวานเชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 24/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 34 หน้า.
- พรเลิศ จันทร์รัชชกุล, เจ เอฟ เทอร์นบอ และชลอ ลิมสุวรรณ. 2537. คู่มือการเลี้ยงและการป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง. 98 หน้า.

- พูนสิน พานิชสุข. 2539. หอยหวาน (*Babylonia areolata* Link 1807). วารสารการประมง 49: 107 – 117.
- ภาควิชาจุลชีววิทยา. 2535. คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทั่วไป. สงขลา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 10 หน้า.
- มนต์ทิพย์ เทียนสุวรรณ. 2536. ชีวสถิติและระเบียบวิธีวิทยาการวิจัย. สงขลา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 548 หน้า.
- มันสิน ตันกุลเวศม์. 2542. วิศวกรรมการประปา เล่ม 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 321 หน้า.
- มันสิน ตันกุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ. เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 214 หน้า.
- รัตนา มันประสิทธิ์ และประวิม วุฒิสินธุ์. 2531. การศึกษาเบื้องต้นในการเพาะเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata*). เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 8. ศูนย์พัฒนาการประมงทะเลชายฝั่ง ตะวันออก, กองประมงทะเล, กรมประมง. 14 หน้า.
- ลือชัย ธรรมชู, วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์ และเจษฎา เจริญวัฒน์. 2548. การเลี้ยงหอยหวาน (*Babylonia areolata* Link 1807) ในกระชังในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 36/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 22 หน้า.
- วิไลวรรณ บรมชนรัตน์. 2540. ชีววิทยาและการเลี้ยงหอยชายฝั่ง. สงขลา: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 72 หน้า.
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, พัฒนา มุลพฤกษ์ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. 2541. การป้องกันและควบคุมมลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 230 หน้า.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี. 2547. ชีววิทยาของหอยหวาน. เข้าถึงจาก www.Fisheries.go.th. 30 ตุลาคม 2551.

- สมหมาย เขียววารีสังจะ. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำ. สงขลา: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะ
ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 157 หน้า.
- สุทธิเวช ต. แสงจันทร์. 2540. โอโซน: สารกำจัดมลพิษเพื่อสิ่งแวดล้อม. วารสารกรมวิทยาศาสตร์
บริการ 45: 8 – 12.
- สุรพล รักปทุม. 2543. โอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. กรุงเทพฯ:
บริษัทไบโอสเปคตรัม (ประเทศไทย) จำกัด. 143 หน้า.
- สุวิมล ตันตสุกิจวัฒน์. 2545. ระบบบำบัดไนเตรทสำหรับระบบหมุนเวียนน้ำทะเลแบบปิดเพื่อการ
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะ
แวดล้อม สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 182 หน้า.
- โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ และอัจฉรี เรืองเดช. 2550. ผลของโอโซนต่อการ
อนุบาลลูกปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*, Bloch) ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด.
เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 21. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 40 หน้า.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2546. สารวิธีประหยัดไฟ. ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย.
กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.
- อาภรณ์ รักเกิด. 2542. การประเมินปัญหาไนโตรเจนในน้ำเสียจากโรงงานยางและการกำจัด
ไนโตรเจนด้วยระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้มวลชีวะประเภทเกาะผิว. วิทยานิพนธ์วิชา
ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- 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. 1134 p.
- Bendschneider, K. and Robinson, J. R. 1952. A new spectrophotometric method for the
determination of nitrite in seawater. Marine Res. 11: 87 – 96.
- Boyd, C. E. 1979. Aluminum sulfate (alum) for precipitating clay turbidity from fish ponds.
Trans. Amer. Fish. Soc. 108: 307 – 313.

- Boyd, C. E. and Tucker, C. S. 1992. Water Quality and Ponds Soil Analyses for Aquaculture. Alabama: Auburn University. 183 p.
- 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.
- 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.
- Colt, J. 2006. Water quality requirements for reuse systems. Aquacult. Eng. 34: 143 – 156.
- Cross, V. K. and Peterson, L. 1987. Efficacy of ultraviolet water treatment at Green Lake, Maine, National Fish Hatchery. Prog. Fish – Cult. 49: 233 – 235.
- Eliasson, B. and Kogelschatz, U. 1991. Modeling and applications of silent discharge plasmas. IEEE Trans. Plasma Sci. 19: 309 – 323.
- Gatesoupe, F. J. 1999. The use of Probiotics in aquaculture. Aquaculture 180: 147 – 165.
- Hill, C. A. and Thomas, C. L. P. 2002. A Pulsed Corona Discharge Switchable High Resolution Ion Mobility Spectrometer-mass Spectrometer. Department of Instrumentation and Analytical Science, UMIST, Manchester.
- Kabasawa, H. and Yamada, M. 1972. The effect of copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) and Negayon on the function of filtering bacteria in a closed circulating sea water system. Rep. Keikyu Aburatsubo Mar Park Aquar. 1971: 18 – 22.
- Lee, R. F., Browdy, C., Paerl, H. W., Pinckney, J. L., Bender, J. and Phillips, P. 1996. Microbial mats as filters for wastes from fish and shrimp ponds. Book of Abstract. The 1996 Annual Meeting of the World Aquaculture Society. Jan. 29 – Feb. 2, 1996. Thailand. p. 219.

- Liltved, H. and Cripps, S. J. 1999. Removal of particle associated bacteria by prefiltration and ultraviolet irradiation. *Aquaculture Res.* 30: 445 – 450.
- Liltved, H., Hektoen, H. and Efraimsen, H. 1995. Inactivation of bacterial and viral fish pathogens by ozonation or UV irradiation in water of different salinity. *Aquacult. Eng.* 14: 107 – 122.
- Lucchetti, G. L. and Gray, G. A. 1988. Water reuse systems a review of principal components. *Prog. Fish - Cult.* 50: 1 – 6.
- Millamena, O. S., Casalmir, C. M. and Subosa, P. F. 1991. Performance of recirculating systems for prawn hatchery and broodstock maturation tank. *Aquacult. Eng.* 10: 67 – 171.
- Panswad, T. and Anan, C. 1997. Salt Tolerance of Carbon and Nitrogen Bacteria in Anaerobic/Anoxic/Aerobic Process. Proc. 3rd IAWQ/AWWA BNR Conf., Brisbane, Australia, 338 – 345 p.
- Petterson, J. K., Shanmugaraj, J. T. and Ayyakkannu, K. 1994. Salinity tolerance of *Babylonia spirata* (neogastropod: buccinidae). *Phuket mar. Cen. Spec. Publ.*, 13: 185 – 187.
- Poomtong, T. and Nhongmeesub, J. 1996. Spawning, larval and juvenile rearing of babylon snail (*Babylonia areolata*, L) under laboratory conditions. *Tropical Marine Mollusc Programme (TMMP). Phuket Mar. Cen. Spec. Publ.* 16: 137 – 142.
- Rogers, G. L. and Klemetson, S. L. 1985. Ammonia removal in selected aquaculture water reuse biofilters. *Aquacult. Eng.* 4: 135 – 154.
- Sasaki, K. and Sawada, Y. 1980. Determination of ammonia in estuary. *Bull. Jap. Soc. Sei. Fish.* 46: 319 – 321.
- Seed, R. 1983. Structural organization, adaptive radiation, and classification of molluscs. In Hochachka, P. W., editor, *The Mollusca Vol.1 Metabolic Biochemistry and Molecular Biomechanics*. New York: Academic Press. 1 – 54 p.

- Steven, T. S., Joseph, A. H., Amy, L. W. and Martin, D. D. 1997. Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system II. Effects on microscreen filtration and water quality. *Aquaculture* 158: 57 – 67.
- U.S.EPA. 1975. Process Design Manual for Nitrogen Control. Washington, DC: Office of Technology Transfer.
- WEF (Water Environment Federation). 1998. Biological and Chemical Systems for Nutrient Removal. A special publication under Technical Practice Committee, Alexandria, Va.
- Whangchai, N., Migo, V. P., Alfafara, C. G., Young, H. K., Nomura, N. and Matsumura, M. 2002. Strategies for alkalinity and pH control for ozonated shrimp pond water. *J. Aquacult. Eng.* 30: 1 – 13.
- Wild, H. E., Sawyer, C. N. and McMahon, T. C. 1971. Factors affecting nitrification kinetics. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 43: 1845 – 1854.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางข้อมูลคุณภาพน้ำ และการเจริญเติบโตของหอยหวาน

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 1 คุณภาพน้ำเฉลี่ยจากการตรวจวัดที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นระยะเวลา 68 วัน ในระบบเปิดน้ำไหล ผ่านตลอด (T1), ระบบกรองชีวภาพ (T2), ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน (T3) และระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน (T4) (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 17)

พารามิเตอร์/ชุดการทดลอง	T1	T2	T3	T4
อุณหภูมิ ($^{\circ}$ C)	28.65 \pm 0.20 ^a	28.62 \pm 0.20 ^a	28.63 \pm 0.21 ^a	28.61 \pm 0.21 ^a
ความเค็ม (ppt)	35.41 \pm 0.26 ^a	35.53 \pm 0.33 ^a	36.08 \pm 0.36 ^a	35.69 \pm 0.32 ^a
ความเป็นกรด – ค่า	7.69 \pm 0.08 ^a	7.78 \pm 0.07 ^a	7.76 \pm 0.07 ^a	7.75 \pm 0.07 ^a
ความเป็นด่าง (มก./ล.)	108.80 \pm 6.40 ^a	112.92 \pm 7.65 ^a	113.39 \pm 7.25 ^a	115.22 \pm 8.55 ^a
แอมโมเนีย (มก.ไนโตรเจน/ล.)	0.589 \pm 0.030 ^a	0.317 \pm 0.026 ^b	0.355 \pm 0.035 ^b	0.277 \pm 0.011 ^b
ไนไตรท์ (มก.ไนโตรเจน/ล.)	0.417 \pm 0.030 ^a	0.458 \pm 0.021 ^a	0.378 \pm 0.031 ^a	0.450 \pm 0.038 ^a
ไนเตรท (มก.ไนโตรเจน/ล.)	0.427 \pm 0.031 ^a	0.510 \pm 0.020 ^b	0.573 \pm 0.035 ^b	0.553 \pm 0.015 ^b
ฟอสเฟต (มก.ฟอสฟอรัส/ล.)	0.384 \pm 0.027 ^a	0.426 \pm 0.021 ^a	0.428 \pm 0.015 ^a	0.374 \pm 0.023 ^a
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	5.90 \pm 0.17 ^a	5.79 \pm 0.18 ^a	5.99 \pm 0.17 ^a	6.02 \pm 0.17 ^a
BOD (มก./ล.)	2.54 \pm 0.13 ^a	2.45 \pm 0.15 ^a	2.77 \pm 0.20 ^a	2.67 \pm 0.20 ^a
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	12.48 \pm 0.28 ^a	11.69 \pm 0.26 ^b	11.73 \pm 0.23 ^b	11.77 \pm 0.16 ^b
แบคทีเรียทั้งหมด (CFU/ml)	6.7x10 ⁴ \pm 1.0x10 ^{5ab}	7.8x10 ⁴ \pm 1.1x10 ^{5b}	4.7x10 ⁴ \pm 4.6x10 ^{4a}	4.3x10 ⁴ \pm 4.2x10 ^{4a}

หมายเหตุ

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 2 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า ผลผลิตและต้นทุนการผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

พารามิเตอร์ชุดการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ความยาวเปลือกเริ่มต้นการทดลอง (ซม.)	1.047 \pm 0.020 ^a	1.036 \pm 0.015 ^a	1.026 \pm 0.015 ^a	1.029 \pm 0.017 ^a
ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (ซม./ตัว)	1.260 \pm 0.049 ^{ab}	1.343 \pm 0.061 ^b	1.130 \pm 0.040 ^a	1.253 \pm 0.032 ^{ab}
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก (ซม./วัน)	0.019 \pm 0.001 ^{ab}	0.021 \pm 0.001 ^b	0.017 \pm 0.001 ^a	0.019 \pm 0.001 ^{ab}
น้ำหนักหอยเริ่มต้นการทดลอง (ก.)	1.053 \pm 0.025 ^a	1.063 \pm 0.017 ^a	1.058 \pm 0.017 ^a	1.068 \pm 0.020 ^a
น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้น (ก./ตัว)	2.141 \pm 0.018 ^d	1.761 \pm 0.018 ^b	1.497 \pm 0.001 ^a	1.906 \pm 0.060 ^c
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 ^a	61.18 \pm 13.83 ^a	63.73 \pm 6.74 ^a	70.98 \pm 4.76 ^a
น้ำหนักอาหารที่หอยกินตลอดการทดลอง (ก.)	257.75 \pm 2.31 ^a	245.35 \pm 41.03 ^a	175.21 \pm 55.58 ^a	227.57 \pm 30.72 ^a
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	0.84 \pm 0.01 ^a	1.34 \pm 0.15 ^b	1.08 \pm 0.03 ^a	0.99 \pm 0.04 ^a
ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า (%)	73.21 \pm 4.17 ^a	77.20 \pm 3.17 ^a	68.11 \pm 5.21 ^a	72.76 \pm 4.32 ^a
ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น (ก./ตร.ม.)	913.71 \pm 100.98 ^d	542.66 \pm 236.52 ^b	480.71 \pm 201.78 ^a	681.14 \pm 89.10 ^c
ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ (บ./ตร.ม.)	552.75 \pm 0.03 ^c	177.60 \pm 0.49 ^a	249.71 \pm 0.67 ^b	250.33 \pm 0.37 ^b
ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิต (บ./กก.)	1,119.67 \pm 80.57 ^c	449.16 \pm 55.64 ^a	797.37 \pm 78.20 ^b	601.65 \pm 44.22 ^{ab}

หมายเหตุ: ในแนวนอนค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

T1 = ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด

T2 = ระบบกรองชีวภาพ

T3 = ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน

T4 = ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ กับการเจริญเติบโตของหอยหวานเฉลี่ยจากการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทดลอง 68 วัน ในชุดการทดลองที่ใช้ระบบเปิดน้ำไหลผ่านตลอด

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ความเป็นกรด - ค่า	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรท์	ไนเตรท	ฟอสเฟต	ออกซิเจนละลายน้ำ	BOD
อุณหภูมิ	1.000	0.337	0.005	-0.039	-0.367	0.184	-0.043	-0.157	0.020	-0.279
ความเค็ม	0.337	1.000	0.158	0.287	0.157	0.361	0.278	0.034	0.133	0.060
ความเป็นกรด - ค่า	0.005	0.158	1.0000	<u>0.775**</u>	-0.221	-0.328	-0.250	<u>0.820**</u>	0.089	-0.319
ความเป็นด่าง	-0.039	0.287	<u>0.775**</u>	1.000	0.066	-0.013	-0.075	<u>0.508*</u>	-0.253	-0.288
แอมโมเนีย	-0.367	0.157	-0.221	0.066	1.000	0.403	<u>0.591*</u>	0.371	-0.469	<u>0.536*</u>
ไนโตรท์	0.184	0.361	-0.328	-0.013	0.403	1.000	<u>0.811**</u>	0.432	<u>-0.695**</u>	0.339
ไนเตรท	-0.043	0.278	-0.250	-0.075	<u>0.591*</u>	<u>0.811**</u>	1.000	0.424	<u>-0.581*</u>	<u>0.554*</u>
ฟอสเฟต	-0.157	0.034	<u>0.820**</u>	<u>0.508*</u>	0.371	0.432	0.424	1.000	-0.081	0.340
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.020	0.133	0.089	-0.253	-0.469	<u>-0.695**</u>	<u>-0.581*</u>	-0.081	1.000	-0.280
BOD	-0.279	0.060	-0.319	-0.288	<u>0.536*</u>	0.399	<u>0.554*</u>	0.340	-0.280	1.000
ของแข็งแขวนลอย	0.119	0.347	-0.296	0.055	0.493	<u>0.664**</u>	<u>0.643**</u>	0.474	-0.421	<u>0.588*</u>
แบคทีเรียทั้งหมด	<u>0.574*</u>	0.062	0.134	0.372	<u>0.860**</u>	0.320	<u>0.544*</u>	0.086	<u>-0.555*</u>	0.337
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	<u>-0.954**</u>	<u>-0.935**</u>	<u>-0.968**</u>	<u>-0.985**</u>	<u>-0.989**</u>	<u>-0.867**</u>	0.417	<u>-0.999**</u>	<u>0.521*</u>	<u>-0.945**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	<u>-0.973**</u>	<u>-0.906**</u>	<u>-0.947**</u>	<u>-0.970**</u>	<u>-0.997**</u>	<u>-0.902**</u>	0.484	<u>-0.998**</u>	<u>0.583*</u>	<u>-0.918**</u>
อัตราการรอดตาย	<u>-0.615**</u>	-0.002	0.107	0.189	-0.484	<u>-0.771**</u>	<u>-0.997**</u>	-0.361	<u>0.982**</u>	-0.027
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	0.302	0.348	-0.245	-0.165	-0.148	-0.500*	<u>-0.910**</u>	-0.013	<u>0.855**</u>	0.322

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 3 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ของแข็งแขวนลอย	แบคทีเรียทั้งหมด	อัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือก	อัตราการเจริญ เติบโตโดยน้ำหนัก	อัตราการรอดตาย	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นผลผลิต
อุณหภูมิ	0.119	<u>0.574*</u>	<u>-0.954**</u>	<u>-0.973**</u>	<u>-0.615**</u>	0.302
ความเค็ม	0.347	0.062	<u>-0.935**</u>	<u>-0.906**</u>	-0.002	0.348
ความเป็นกรด - ค่า	-0.296	0.134	<u>-0.968**</u>	<u>-0.947**</u>	0.107	-0.245
ความเป็นด่าง	0.055	0.372	<u>-0.985**</u>	<u>-0.970**</u>	0.189	-0.165
แอมโมเนีย	0.493	<u>0.860**</u>	<u>-0.989**</u>	<u>-0.997**</u>	-0.484	-0.148
ไนโตรเจน	<u>0.664**</u>	0.320	<u>-0.867**</u>	<u>-0.902**</u>	<u>-0.771**</u>	<u>-0.500*</u>
ไนโตรเจน	<u>0.643**</u>	<u>0.544*</u>	0.417	0.484	<u>-0.997**</u>	<u>-0.910*</u>
ฟอสเฟต	0.474	0.086	<u>-0.999**</u>	<u>-0.998**</u>	-0.361	-0.013
ออกซิเจนละลายน้ำ	-0.421	<u>-0.555*</u>	<u>0.521*</u>	<u>0.583*</u>	<u>0.982**</u>	<u>0.855**</u>
BOD	<u>0.588*</u>	0.337	<u>-0.945**</u>	<u>-0.918**</u>	-0.027	0.322
ของแข็งแขวนลอย	1.000	<u>0.535*</u>	<u>-0.988**</u>	<u>-0.974**</u>	-0.206	0.148
แบคทีเรียทั้งหมด	<u>0.535*</u>	1.000	<u>-0.818**</u>	<u>-0.859**</u>	<u>-0.825**</u>	<u>-0.577*</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	<u>-0.988**</u>	<u>-0.818**</u>	1.000	<u>0.997**</u>	-0.352	-0.003
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	<u>-0.974**</u>	<u>-0.859**</u>	<u>0.997**</u>	1.000	-0.421	-0.078
อัตราการรอดตาย	-0.206	<u>-0.825**</u>	-0.352	-0.421	1.000	<u>0.937**</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	0.148	<u>-0.577*</u>	-0.003	-0.078	<u>0.937**</u>	1.000

หมายเหตุ

- * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
- ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ กับการเจริญเติบโตของหอยหวานเฉลี่ยจากการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทดลอง 68 วัน ในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพ

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ความเป็นกรด - ค่า	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรท์	ไนเตรท	ฟอสเฟต	ออกซิเจนละลายน้ำ	BOD
อุณหภูมิ	1.000	0.372	-0.089	-0.169	-0.223	0.172	0.012	-0.262	0.092	-0.267
ความเค็ม	0.372	1.000	-0.031	0.017	0.310	0.496	0.358	-0.005	-0.167	0.171
ความเป็นกรด - ค่า	-0.089	-0.031	1.000	<u>0.757**</u>	-0.238	-0.387	-0.020	<u>0.560*</u>	-0.067	-0.169
ความเป็นด่าง	-0.169	0.017	<u>0.757**</u>	1.000	0.099	-0.071	0.054	-0.337	-0.425	-0.107
แอมโมเนีย	-0.223	0.310	-0.238	0.099	1.000	<u>0.681**</u>	0.389	<u>0.543*</u>	<u>-0.671**</u>	0.350
ไนโตรท์	0.172	0.496	-0.387	-0.071	<u>0.681**</u>	1.000	<u>0.704**</u>	<u>0.569*</u>	<u>-0.692**</u>	0.324
ไนเตรท	0.012	0.358	-0.020	0.054	0.389	<u>0.704**</u>	1.000	0.312	<u>-0.562*</u>	0.388
ฟอสเฟต	-0.262	-0.005	<u>0.560*</u>	-0.337	<u>0.543*</u>	<u>0.569*</u>	0.312	1.000	-0.228	0.271
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.092	-0.167	-0.067	-0.425	<u>-0.671**</u>	<u>-0.692**</u>	<u>-0.562*</u>	-0.228	1.000	-0.103
BOD	-0.267	0.171	-0.169	-0.107	0.350	0.324	0.388	0.271	-0.103	1.000
ของแข็งแขวนลอย	-0.244	0.175	-0.126	0.157	0.447	0.447	0.292	<u>0.604**</u>	-0.328	0.357
แบคทีเรียทั้งหมด	-0.262	0.077	-0.300	-0.110	<u>0.664**</u>	0.469	<u>0.520*</u>	<u>0.502*</u>	<u>-0.589*</u>	0.330
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	<u>-0.997**</u>	<u>-0.746**</u>	<u>-0.813**</u>	<u>-0.858**</u>	<u>-0.975**</u>	<u>-0.988**</u>	<u>-0.716**</u>	<u>-0.936**</u>	<u>0.793**</u>	<u>-0.764**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	0.468	<u>-0.913**</u>	<u>-0.864**</u>	<u>-0.820**</u>	<u>-0.601**</u>	-0.267	0.341	<u>-0.704**</u>	-0.229	<u>-0.901**</u>
อัตราการรอดตาย	<u>0.615**</u>	<u>-0.636**</u>	0.107	0.188	-0.484	<u>-0.771**</u>	<u>-0.997**</u>	-0.361	<u>0.982**</u>	-0.027
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	<u>-0.765**</u>	<u>-0.999**</u>	<u>-0.989**</u>	<u>-0.974**</u>	<u>-0.857**</u>	<u>-0.608**</u>	0.035	<u>-0.919**</u>	-0.152	<u>-0.998**</u>

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
 ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 4 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ของแข็งแขวนลอย	แบคทีเรียทั้งหมด	อัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือก	อัตราการเจริญ เติบโตโดยน้ำหนัก	อัตราการรอดตาย	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นผลผลิต
อุณหภูมิ	-0.244	-0.262	-0.997**	0.468	0.615**	-0.765**
ความเค็ม	0.175	0.077	-0.746**	-0.913**	-0.636**	-0.999**
ความเป็นกรด - ค่า	-0.126	-0.300	-0.813**	-0.864**	0.107	-0.989**
ความเป็นด่าง	0.157	-0.110	-0.858**	-0.820**	0.188	-0.974**
แอมโมเนีย	0.447	0.664**	-0.975**	-0.601**	-0.484	-0.857**
ไนไตรท์	0.447	0.469	-0.988**	-0.267	-0.771**	-0.608**
ไนเตรท	0.292	0.520*	-0.716**	0.341	-0.997**	0.035
ฟอสเฟต	0.604**	0.502*	-0.936**	-0.704**	-0.361	-0.919**
ออกซิเจนละลายน้ำ	-0.328	-0.589*	0.793**	-0.229	0.982**	-0.152
BOD	0.357	0.330	-0.764**	-0.901**	-0.027	-0.998**
ของแข็งแขวนลอย	1.000	0.510*	-0.905**	-0.759**	-0.285	-0.947**
แบคทีเรียทั้งหมด	0.510*	1.000	-0.963**	-0.149	-0.841**	-0.509*
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	-0.905**	-0.963**	1.000	-0.410	0.665**	0.722**
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.759**	-0.149	-0.410	1.000	-0.407	0.927**
อัตราการรอดตาย	-0.285	-0.841**	0.665**	-0.407	1.000	0.035
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	-0.947**	-0.509*	0.722**	0.927**	0.035	1.000

หมายเหตุ

- * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
- ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ กับการเจริญเติบโตของหอยหวานเฉลี่ยจากการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทดลอง 68 วัน ในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองร่วมกับการใช้โอโซน

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ความเป็นกรด - ด่าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรต	ฟอสเฟต	ออกซิเจนละลายน้ำ	BOD
อุณหภูมิ	1.000	-0.140	-0.003	-0.302	<u>-0.509*</u>	-0.055	<u>-0.542*</u>	-0.137	0.018	0.037
ความเค็ม	-0.140	1.000	0.176	0.201	0.284	0.413	0.289	0.338	-0.202	0.192
ความเป็นกรด - ด่าง	-0.003	0.176	1.000	<u>0.674**</u>	-0.040	0.052	0.181	-0.082	0.020	-0.170
ความเป็นด่าง	-0.302	0.201	<u>0.674**</u>	1.000	0.329	0.276	0.410	0.101	-0.416	-0.244
แอมโมเนีย	<u>-0.509*</u>	0.284	-0.040	0.329	1.000	0.316	<u>0.789**</u>	<u>0.608**</u>	<u>-0.520*</u>	0.111
ไนโตรเจน	-0.055	0.413	0.052	0.276	0.316	1.000	0.111	0.282	-0.266	0.236
ไนเตรต	<u>-0.542*</u>	0.289	0.181	0.410	<u>0.789**</u>	0.111	1.000	<u>0.645**</u>	-0.404	0.208
ฟอสเฟต	-0.137	0.338	-0.082	0.101	<u>0.608**</u>	0.282	<u>0.645**</u>	1.000	-0.497	0.435
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.018	-0.202	0.020	-0.416	<u>-0.520*</u>	-0.266	-0.404	-0.497	1.000	0.019
BOD	0.037	0.192	-0.170	-0.244	0.111	0.236	0.208	0.435	0.019	1.000
ของแข็งแขวนลอย	-0.355	0.204	-0.317	0.015	<u>0.569*</u>	0.439	<u>0.569*</u>	0.412	-0.236	0.200
แบคทีเรียทั้งหมด	-0.266	0.260	-0.114	0.224	<u>0.822**</u>	0.230	<u>0.728**</u>	<u>0.721**</u>	<u>-0.754**</u>	0.341
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	<u>-0.998*</u>	<u>-0.929**</u>	<u>-0.878**</u>	<u>-0.872**</u>	<u>-0.983**</u>	-0.057	<u>-0.977**</u>	<u>-0.998**</u>	<u>0.746**</u>	0.486
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	<u>-0.719**</u>	-0.370	0.254	0.242	<u>-0.544*</u>	<u>-0.765**</u>	<u>-0.519*</u>	<u>-0.644**</u>	<u>0.996**</u>	0.301
อัตราการรอดตาย	<u>0.548*</u>	-0.156	0.035	0.023	-0.346	<u>-0.888**</u>	-0.318	-0.460	<u>0.952**</u>	<u>-0.503*</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	-0.091	0.492	<u>-0.595*</u>	<u>-0.604**</u>	0.313	<u>-0.980**</u>	0.341	0.193	<u>0.555*</u>	<u>-0.932**</u>

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
 ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 5 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ของแข็งแขวนลอย	แบคทีเรียทั้งหมด	อัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือก	อัตราการเจริญ เติบโตโดยน้ำหนัก	อัตราการรอดตาย	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นผลผลิต
อุณหภูมิ	-0.355	-0.266	<u>-0.998**</u>	<u>-0.719**</u>	<u>0.548*</u>	-0.091
ความเค็ม	0.204	0.260	<u>-0.929**</u>	-0.370	-0.156	0.492
ความเป็นกรด - ค่า	-0.317	-0.114	<u>-0.878**</u>	0.254	0.035	<u>-0.595*</u>
ความเป็นด่าง	0.015	0.224	<u>-0.872**</u>	0.242	0.023	<u>-0.604**</u>
แอมโมเนีย	<u>0.569*</u>	<u>0.822**</u>	<u>-0.983**</u>	<u>-0.544*</u>	-0.346	0.313
ไนไตรท์	0.439	0.230	-0.057	<u>-0.765**</u>	<u>-0.888**</u>	<u>-0.980**</u>
ไนเตรท	<u>0.569*</u>	<u>0.728**</u>	<u>-0.977**</u>	<u>-0.519*</u>	-0.318	0.341
ฟอสเฟต	0.412	<u>0.721**</u>	<u>-0.998*</u>	<u>-0.644**</u>	-0.460	0.193
ออกซิเจนละลายน้ำ	-0.236	<u>-0.754**</u>	<u>0.746**</u>	<u>0.996**</u>	<u>0.952**</u>	<u>0.555*</u>
BOD	0.200	0.341	0.486	0.301	<u>-0.503*</u>	<u>-0.932**</u>
ของแข็งแขวนลอย	1.000	0.449	<u>-0.592*</u>	0.179	0.392	<u>-0.879**</u>
แบคทีเรียทั้งหมด	0.449	1.000	<u>-0.937**</u>	<u>-0.896**</u>	<u>-0.777**</u>	-0.216
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	<u>-0.592*</u>	<u>-0.937**</u>	1.000	<u>0.685**</u>	<u>0.508*</u>	0.138
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	0.179	<u>-0.896**</u>	<u>0.685**</u>	1.000	<u>0.975**</u>	<u>0.625**</u>
อัตราการรอดตาย	0.392	<u>-0.777**</u>	<u>0.508*</u>	<u>0.975**</u>	1.000	<u>0.782**</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	<u>-0.879**</u>	-0.216	0.138	<u>0.625**</u>	<u>0.782**</u>	1.000

หมายเหตุ

- * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
- ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ กับการเจริญเติบโตของหอยหวานเฉลี่ยจากการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทดลอง 68 วัน ในชุดการทดลองที่ใช้ระบบกรองชีวภาพร่วมกับการใช้โอโซน

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ความเป็นกรด - ด่าง	ความเป็นค่า	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรท	ฟอสเฟต	ออกซิเจนละลายน้ำ	BOD
อุณหภูมิ	1.000	0.257	0.019	-0.321	-0.410	-0.338	-0.400	-0.094	0.005	-0.240
ความเค็ม	0.257	1.000	0.099	0.044	0.359	0.274	-0.056	0.293	-0.069	-0.258
ความเป็นกรด - ด่าง	0.019	0.099	1.000	<u>0.672**</u>	-0.098	-0.250	-0.461	<u>0.764**</u>	0.051	-0.087
ความเป็นค่า	-0.321	0.044	<u>0.672**</u>	1.000	0.298	0.185	0.055	-0.342	-0.377	0.028
แอมโมเนีย	-0.410	0.359	-0.098	0.298	1.000	<u>0.713**</u>	<u>0.727**</u>	<u>0.541*</u>	-0.452	0.219
ไนโตรเจน	-0.338	0.274	-0.250	0.185	<u>0.713**</u>	1.000	<u>0.685**</u>	<u>0.525*</u>	-0.298	0.171
ไนเตรท	-0.400	-0.056	-0.461	0.055	<u>0.727**</u>	<u>0.685**</u>	1.000	<u>0.546*</u>	-0.484	0.246
ฟอสเฟต	-0.094	0.293	<u>0.764**</u>	-0.342	<u>0.541*</u>	<u>0.525*</u>	<u>0.546*</u>	1.000	-0.338	0.202
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.005	-0.069	0.051	-0.377	-0.452	-0.298	-0.484	-0.338	1.000	0.147
BOD	-0.240	-0.258	-0.087	0.028	0.219	0.171	0.246	0.202	0.147	1.000
ของแข็งแขวนลอย	-0.289	-0.126	-0.124	0.108	0.289	0.480	0.363	0.144	0.058	<u>0.714**</u>
แบคทีเรียทั้งหมด	-0.269	0.238	-0.103	0.235	<u>0.728**</u>	<u>0.512*</u>	<u>0.530*</u>	<u>0.629**</u>	<u>-0.638**</u>	0.151
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	<u>-0.892**</u>	<u>-0.664**</u>	<u>-0.762**</u>	<u>-0.783**</u>	<u>-0.881**</u>	<u>-0.778**</u>	<u>-0.826**</u>	<u>-0.874**</u>	<u>0.903**</u>	0.057
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.176	-0.197	0.058	0.026	0.152	-0.034	0.046	0.138	<u>0.885**</u>	<u>-0.763**</u>
อัตราการรอดตาย	<u>0.568*</u>	0.226	-0.360	-0.390	<u>-0.548*</u>	0.382	0.456	<u>-0.536*</u>	<u>0.998**</u>	-0.426
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	0.061	-0.424	0.293	0.261	-0.085	-0.269	-0.191	-0.099	<u>0.751**</u>	<u>-0.894**</u>

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 6 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ของแข็งแขวนลอย	แบคทีเรียทั้งหมด	อัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือก	อัตราการเจริญ เติบโตโดยน้ำหนัก	อัตราการรอดตาย	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นผลผลิต
อุณหภูมิ	-0.289	-0.269	<u>-0.892**</u>	-0.176	<u>0.568*</u>	0.061
ความเค็ม	-0.126	0.238	<u>-0.664**</u>	-0.197	0.226	-0.424
ความเป็นกรด - ค่า	-0.124	-0.103	<u>-0.762**</u>	0.058	-0.360	0.293
ความเป็นด่าง	0.108	0.235	<u>-0.783**</u>	0.026	-0.390	0.261
แอมโมเนีย	0.289	<u>0.728**</u>	<u>-0.881**</u>	0.152	<u>-0.548*</u>	-0.085
ไนโตรเจน	0.480	<u>0.512*</u>	<u>-0.778**</u>	-0.034	0.382	-0.269
ไนโตรเจน	0.363	<u>0.530*</u>	<u>-0.826**</u>	0.046	0.456	-0.191
ฟอสเฟต	0.144	<u>0.629**</u>	<u>-0.874**</u>	0.138	<u>-0.536*</u>	-0.099
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.058	<u>-0.638**</u>	<u>0.903**</u>	<u>0.885**</u>	<u>0.998**</u>	<u>0.751**</u>
BOD	<u>0.714**</u>	0.151	0.057	<u>-0.763**</u>	-0.426	<u>-0.894**</u>
ของแข็งแขวนลอย	1.000	0.086	<u>-0.895**</u>	0.183	<u>-0.574*</u>	-0.054
แบคทีเรียทั้งหมด	0.086	1.000	<u>-0.991**</u>	<u>-0.701**</u>	<u>-0.933**</u>	<u>-0.513*</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	<u>-0.895**</u>	<u>-0.991**</u>	1.000	<u>0.601**</u>	<u>0.878**</u>	0.394
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	0.183	<u>-0.701**</u>	<u>0.601**</u>	1.000	<u>0.910**</u>	<u>0.971**</u>
อัตราการรอดตาย	<u>-0.574*</u>	<u>-0.933**</u>	<u>0.878**</u>	<u>0.910**</u>	1.000	<u>0.786**</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	-0.054	<u>-0.513*</u>	0.394	<u>0.971**</u>	<u>0.786**</u>	1.000

หมายเหตุ

- * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
- ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 7 คุณภาพน้ำเฉลี่ยจากการตรวจวัดที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) ที่ระดับความหนาแน่น 250 (T1), 500 (T2), 750 (T3) และ 1,000 (T4) ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 17)

พารามิเตอร์ความหนาแน่น (ตัว/ตร.ม.)	250	500	750	1,000
อุณหภูมิ ($^{\circ}$ C)	27.39 \pm 0.20 ^a	27.35 \pm 0.20 ^a	27.40 \pm 0.21 ^a	27.39 \pm 0.22 ^a
ความเค็ม (ppt)	32.63 \pm 0.53 ^a	32.57 \pm 0.52 ^a	33.08 \pm 0.55 ^a	33.22 \pm 0.60 ^a
ความเป็นกรด - ด่าง	7.38 \pm 0.05 ^b	7.24 \pm 0.08 ^b	7.03 \pm 0.05 ^a	7.00 \pm 0.07 ^a
ความเป็นด่าง (มก./ล.)	126.57 \pm 4.03 ^b	120.41 \pm 3.34 ^{ab}	114.78 \pm 3.74 ^a	113.15 \pm 3.93 ^a
แอมโมเนีย (มก. ไนโตรเจน/ล.)	0.279 \pm 0.020 ^a	0.437 \pm 0.022 ^b	0.496 \pm 0.033 ^b	0.577 \pm 0.025 ^c
ไนไตรท์ (มก. ไนโตรเจน/ล.)	0.165 \pm 0.012 ^a	0.227 \pm 0.020 ^b	0.308 \pm 0.015 ^c	0.315 \pm 0.020 ^c
ไนเตรท (มก. ไนโตรเจน/ล.)	0.413 \pm 0.028 ^a	0.490 \pm 0.018 ^b	0.554 \pm 0.032 ^b	0.660 \pm 0.025 ^c
ฟอสเฟต (มก. ฟอสฟอรัส/ล.)	0.316 \pm 0.023 ^a	0.397 \pm 0.029 ^{ab}	0.441 \pm 0.031 ^b	0.462 \pm 0.033 ^b
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	5.02 \pm 0.17 ^c	4.79 \pm 0.17 ^{bc}	4.57 \pm 0.11 ^{ab}	4.29 \pm 0.06 ^a
BOD (มก./ล.)	3.09 \pm 0.20 ^a	3.68 \pm 0.27 ^{ab}	4.26 \pm 0.29 ^b	4.45 \pm 0.27 ^b
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	10.85 \pm 0.24 ^a	11.69 \pm 0.26 ^b	12.30 \pm 0.19 ^c	12.93 \pm 0.15 ^d
แบคทีเรียทั้งหมด (CFU/ml)	3.8x10 ⁴ \pm 4.6x10 ^{3a}	5.1x10 ⁴ \pm 5.6x10 ^{3a}	8.5x10 ⁴ \pm 1.2x10 ^{4b}	1.1x10 ⁶ \pm 1.3x10 ^{4b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 8 อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า ผลผลิตและต้นทุนการผลิตในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น (เปลือกยาว 1 ซม.) เป็นเวลา 68 วัน (ค่าเฉลี่ย \pm SD, n = 3)

พารามิเตอร์ความหนาแน่น (ตัว/ตร.ม.)	250	500	750	1,000
ความยาวเปลือกเริ่มต้นการทดลอง (ซม.)	0.867 \pm 0.012 ^a	0.856 \pm 0.011 ^a	0.844 \pm 0.007 ^a	0.840 \pm 0.006 ^a
ความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น (ซม./ตัว)	1.572 \pm 0.037 ^d	1.458 \pm 0.023 ^c	1.339 \pm 0.032 ^b	1.207 \pm 0.023 ^a
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก (ซม./วัน)	0.023 \pm 0.001 ^d	0.021 \pm 0.000 ^c	0.020 \pm 0.001 ^b	0.018 \pm 0.000 ^a
น้ำหนักหอยเริ่มต้นการทดลอง (ก.)	0.949 \pm 0.018 ^a	0.953 \pm 0.010 ^a	0.962 \pm 0.008 ^a	0.966 \pm 0.006 ^a
น้ำหนักหอยที่เพิ่มขึ้น (ก./ตัว)	1.100 \pm 0.035 ^c	1.067 \pm 0.013 ^c	0.897 \pm 0.053 ^b	0.490 \pm 0.039 ^a
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (ก./วัน)	0.016 \pm 0.001 ^c	0.016 \pm 0.000 ^c	0.013 \pm 0.001 ^b	0.007 \pm 0.001 ^a
อัตราการรอดตาย (%)	88.63 \pm 2.08 ^c	86.47 \pm 2.65 ^{bc}	80.26 \pm 2.48 ^b	67.65 \pm 1.87 ^a
น้ำหนักอาหารที่หอยกินตลอดการทดลอง (ก.)	85.32 \pm 6.68 ^a	206.08 \pm 5.60 ^b	302.07 \pm 9.43 ^c	301.42 \pm 29.51 ^c
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	1.03 \pm 0.03 ^a	1.32 \pm 0.01 ^b	1.66 \pm 0.09 ^c	2.67 \pm 0.09 ^d
ดัชนีความสมบูรณ์ของหอยทางการค้า (%)	76.58 \pm 4.25 ^{bc}	79.79 \pm 3.19 ^c	68.40 \pm 3.81 ^{ab}	60.84 \pm 2.25 ^a
ผลผลิตของหอยที่เพิ่มขึ้น (ก./ตร.ม.)	514.52 \pm 15.01 ^a	999.46 \pm 17.61 ^b	1344.30 \pm 37.98 ^c	1407.24 \pm 30.36 ^c
ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ (บ./ตร.ม.)	157.63 \pm 0.08 ^a	210.08 \pm 0.07 ^b	262.23 \pm 0.11 ^c	313.22 \pm 0.35 ^d
ต้นทุนการผลิตต่อผลผลิต (บ./กก.)	909.29 \pm 26.59 ^c	623.16 \pm 10.77 ^{ab}	578.92 \pm 16.61 ^a	660.08 \pm 13.63 ^b

หมายเหตุ: ในแนวนอนค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ กับการเจริญเติบโตของหอยหวานเฉลี่ยจากการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทดลอง 68 วัน ในชุดการทดลองที่ใช้ระดับความหนาแน่น 250 ตัว/ตร.ม.

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ความเป็นกรด - ด่าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรต	ฟอสเฟต	ออกซิเจนละลายน้ำ	BOD
อุณหภูมิ	1.000	0.238	-0.316	-0.161	<u>0.582*</u>	0.163	0.137	-0.069	0.024	0.009
ความเค็ม	0.238	1.000	0.211	0.227	0.129	0.384	0.474	<u>0.762**</u>	0.400	<u>0.676**</u>
ความเป็นกรด - ด่าง	-0.316	0.211	1.000	<u>0.627**</u>	<u>-0.649**</u>	-0.106	-0.115	-0.003	<u>0.544*</u>	-0.048
ความเป็นด่าง	-0.161	0.227	<u>0.627**</u>	1.000	-0.459	-0.133	-0.372	0.127	<u>0.755**</u>	-0.094
แอมโมเนีย	<u>0.582*</u>	0.129	<u>-0.649**</u>	-0.459	1.000	<u>0.611**</u>	<u>0.531*</u>	0.284	-0.310	0.353
ไนโตรเจน	0.163	0.384	-0.106	-0.133	<u>0.611**</u>	1.000	<u>0.729**</u>	<u>0.623**</u>	0.003	<u>0.527*</u>
ไนเตรต	0.137	0.474	-0.115	-0.372	<u>0.531*</u>	<u>0.729**</u>	1.000	<u>0.649**</u>	-0.110	<u>0.676**</u>
ฟอสเฟต	-0.069	<u>0.762**</u>	-0.003	0.127	0.284	<u>0.623**</u>	<u>0.649**</u>	1.000	0.330	<u>0.819**</u>
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.024	0.400	<u>0.544*</u>	<u>0.755**</u>	-0.310	0.003	-0.110	0.330	1.000	0.004
BOD	0.009	<u>0.676**</u>	-0.048	-0.094	0.353	<u>0.527*</u>	<u>0.676**</u>	<u>0.819**</u>	0.004	1.000
ของแข็งแขวนลอย	0.384	<u>0.560*</u>	0.095	0.222	0.261	0.271	0.329	<u>0.544*</u>	0.328	0.419
แบคทีเรียทั้งหมด	0.004	<u>0.616**</u>	-0.229	-0.201	0.465	<u>0.663**</u>	<u>0.730**</u>	<u>0.827**</u>	-0.134	<u>0.882**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	-0.480	-0.396	0.452	0.196	<u>-0.557*</u>	-0.489	-0.492	<u>-0.502*</u>	0.131	<u>-0.506*</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.277	-0.095	0.075	0.229	-0.365	-0.350	-0.364	-0.238	0.025	-0.109
อัตราการรอดตาย	0.182	<u>-0.813**</u>	-0.131	-0.230	<u>-0.755**</u>	<u>-0.755**</u>	<u>-0.755**</u>	<u>-0.552*</u>	-0.142	<u>-0.675**</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	0.341	<u>-0.897**</u>	-0.292	-0.387	<u>-0.853**</u>	<u>-0.853**</u>	<u>-0.853**</u>	<u>-0.681**</u>	-0.303	<u>-0.787**</u>

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
 ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 9 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ของแข็งแขวนลอย	แบคทีเรียทั้งหมด	อัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือก	อัตราการเจริญ เติบโตโดยน้ำหนัก	อัตราการรอดตาย	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นผลผลิต
อุณหภูมิ	0.384	0.004	-0.480	-0.277	0.182	0.341
ความเค็ม	<u>0.560*</u>	<u>0.616**</u>	-0.396	-0.095	<u>-0.813**</u>	<u>-0.897**</u>
ความเป็นกรด - ค่า	0.095	-0.229	0.452	0.075	-0.131	-0.292
ความเป็นด่าง	0.222	-0.201	0.196	0.229	-0.230	-0.387
แอมโมเนีย	0.261	0.465	<u>-0.557*</u>	-0.365	<u>-0.755**</u>	<u>-0.853**</u>
ไนไตรท์	0.271	<u>0.663**</u>	-0.489	-0.350	<u>-0.755**</u>	<u>-0.853**</u>
ไนเตรท	0.329	<u>0.730**</u>	-0.492	-0.364	<u>-0.755**</u>	<u>-0.853**</u>
ฟอสเฟต	<u>0.544*</u>	<u>0.827**</u>	<u>-0.502*</u>	-0.238	<u>-0.552*</u>	<u>-0.681**</u>
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.328	-0.134	0.131	0.025	-0.142	-0.303
BOD	0.419	<u>0.882**</u>	<u>-0.506*</u>	-0.109	<u>-0.675**</u>	<u>-0.787**</u>
ของแข็งแขวนลอย	1.000	0.407	-0.484	-0.220	<u>-0.748**</u>	<u>-0.847**</u>
แบคทีเรียทั้งหมด	0.407	1.000	<u>-0.728**</u>	-0.239	<u>-0.710**</u>	<u>-0.816**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	-0.484	<u>-0.728*</u>	1.000	0.277	<u>0.866**</u>	<u>0.936**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.220	-0.239	0.277	1.000	0.124	-0.040
อัตราการรอดตาย	<u>-0.748**</u>	<u>-0.710**</u>	<u>0.866**</u>	0.124	1.000	<u>0.986**</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	<u>-0.847**</u>	<u>-0.816**</u>	<u>0.936**</u>	-0.040	<u>0.986**</u>	1.000

หมายเหตุ

- * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
- ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ กับการเจริญเติบโตของหอยหวานเฉลี่ยจากการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทดลอง 68 วัน ในชุดการทดลองที่ใช้ระดับความหนาแน่น 500 ตัว/ตร.ม.

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ความเป็นกรด - ด่าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรต	ฟอสเฟต	ออกซิเจนละลายน้ำ	BOD
อุณหภูมิ	1.000	0.056	-0.217	0.021	0.363	<u>0.607**</u>	0.413	0.005	-0.440	0.059
ความเค็ม	0.056	1.000	<u>0.856**</u>	-0.432	<u>0.647**</u>	<u>0.671**</u>	<u>0.616**</u>	<u>0.810**</u>	0.339	<u>0.831**</u>
ความเป็นกรด - ด่าง	-0.217	<u>0.856**</u>	1.000	<u>0.616**</u>	<u>-0.830**</u>	<u>-0.714**</u>	<u>-0.735**</u>	<u>-0.663**</u>	-0.098	<u>-0.642**</u>
ความเป็นด่าง	0.021	-0.432	<u>0.616**</u>	1.000	<u>-0.616**</u>	-0.105	-0.378	-0.228	0.357	-0.216
แอมโมเนีย	0.363	<u>0.647**</u>	<u>-0.830**</u>	<u>-0.616**</u>	1.000	<u>0.593*</u>	<u>0.842**</u>	<u>0.538*</u>	-0.082	<u>0.590*</u>
ไนโตรเจน	<u>0.607**</u>	<u>0.671**</u>	<u>-0.714**</u>	-0.105	<u>0.593*</u>	1.000	<u>0.666**</u>	<u>0.530*</u>	0.069	<u>0.605*</u>
ไนเตรต	0.413	<u>0.616**</u>	<u>-0.735**</u>	-0.378	<u>0.842**</u>	<u>0.666**</u>	1.000	0.436	0.007	0.467
ฟอสเฟต	0.005	<u>0.810**</u>	<u>-0.663**</u>	-0.228	<u>0.538*</u>	<u>0.530*</u>	0.436	1.000	<u>-0.526*</u>	<u>0.844**</u>
ออกซิเจนละลายน้ำ	-0.440	0.339	-0.098	0.357	-0.082	0.069	0.007	<u>-0.526*</u>	1.000	<u>-0.539*</u>
BOD	0.059	<u>0.831**</u>	<u>-0.642**</u>	-0.216	<u>0.590*</u>	<u>0.605*</u>	0.467	<u>0.844**</u>	<u>-0.539*</u>	1.000
ของแข็งแขวนลอย	-0.060	<u>0.505*</u>	<u>-0.502*</u>	0.054	0.387	0.447	0.402	<u>0.751**</u>	<u>-0.591*</u>	<u>0.621**</u>
แบคทีเรียทั้งหมด	0.085	<u>0.799**</u>	<u>-0.839**</u>	<u>-0.686**</u>	<u>0.775**</u>	<u>0.592*</u>	<u>0.636**</u>	<u>0.757**</u>	0.214	<u>0.714**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	-0.173	-0.346	0.258	0.391	-0.278	-0.292	-0.352	-0.234	0.294	-0.170
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.233	-0.401	0.250	0.002	-0.396	<u>-0.550*</u>	-0.389	-0.429	-0.147	-0.426
อัตราการรอดตาย	0.085	<u>-0.637**</u>	0.472	-0.031	-0.244	<u>-0.554*</u>	-0.038	0.218	-0.093	<u>-0.579*</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	<u>-0.721**</u>	-0.029	0.227	<u>-0.683*</u>	-0.456	-0.132	<u>-0.630**</u>	<u>-0.808**</u>	<u>0.727**</u>	-0.102

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 10 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ของแข็งแขวนลอย	แบคทีเรียทั้งหมด	อัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือก	อัตราการเจริญ เติบโตโดยน้ำหนัก	อัตราการรอดตาย	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นผลผลิต
อุณหภูมิ	-0.060	0.085	-0.173	-0.233	0.085	<u>-0.721**</u>
ความเค็ม	<u>0.505*</u>	<u>0.799**</u>	-0.346	-0.401	<u>-0.637**</u>	-0.029
ความเป็นกรด - ค่า	<u>-0.502*</u>	<u>-0.839**</u>	0.258	0.250	0.472	0.227
ความเป็นด่าง	0.054	<u>-0.686**</u>	0.391	0.002	-0.031	<u>-0.683**</u>
แอมโมเนีย	0.387	<u>0.775**</u>	-0.278	-0.396	-0.244	-0.456
ไนโตรเจน	0.447	<u>0.592*</u>	-0.292	<u>-0.550*</u>	<u>-0.554*</u>	-0.132
ไนโตรเจน	0.402	<u>0.636**</u>	-0.352	-0.389	-0.038	<u>-0.630**</u>
ฟอสเฟต	<u>0.751**</u>	<u>0.757**</u>	-0.234	-0.429	0.218	<u>-0.808**</u>
ออกซิเจนละลายน้ำ	<u>-0.591*</u>	0.214	0.294	-0.147	-0.093	<u>0.727**</u>
BOD	<u>0.621**</u>	<u>0.714**</u>	-0.170	-0.426	<u>-0.579*</u>	-0.102
ของแข็งแขวนลอย	1.000	<u>0.555*</u>	0.040	-0.355	0.169	<u>-0.777**</u>
แบคทีเรียทั้งหมด	<u>0.555*</u>	1.000	-0.331	-0.251	<u>-0.507*</u>	-0.187
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	0.040	-0.331	1.000	0.064	<u>0.997**</u>	<u>0.791**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.355	-0.251	0.064	1.000	<u>0.997**</u>	<u>0.791**</u>
อัตราการรอดตาย	0.169	<u>-0.507*</u>	<u>0.997**</u>	<u>0.997**</u>	1.000	<u>0.751**</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	<u>-0.777**</u>	-0.187	<u>0.791**</u>	<u>0.791**</u>	<u>0.751**</u>	1.000

หมายเหตุ

- * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
- ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ กับการเจริญเติบโตของหอยหวานเฉลี่ยจากการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทดลอง 68 วัน ในชุดการทดลองที่ใช้ระดับความหนาแน่น 750 ตัว/ตร.ม.

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ความเป็นกรด - ค่า	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรต	ฟอสเฟต	ออกซิเจนละลายน้ำ	BOD
อุณหภูมิ	1.000	0.160	0.032	-0.186	0.017	0.036	-0.251	0.002	0.186	0.043
ความเค็ม	0.160	1.000	-0.354	-0.191	<u>0.601*</u>	0.334	<u>0.545*</u>	<u>0.826**</u>	0.229	<u>0.678**</u>
ความเป็นกรด - ค่า	0.032	-0.354	1.000	<u>0.717**</u>	<u>-0.865**</u>	-0.141	<u>-0.785**</u>	-0.417	0.439	-0.441
ความเป็นด่าง	-0.186	-0.191	<u>0.717**</u>	1.000	-0.470	-0.055	-0.451	-0.109	0.156	-0.186
แอมโมเนีย	0.017	<u>0.601*</u>	<u>-0.865**</u>	-0.470	1.000	0.343	<u>0.882**</u>	<u>0.643**</u>	-0.374	<u>0.539*</u>
ไนโตรเจน	0.036	0.334	-0.141	-0.055	0.343	1.000	0.441	0.291	-0.098	0.353
ไนเตรต	-0.251	<u>0.545*</u>	<u>-0.785**</u>	-0.451	<u>0.882**</u>	0.441	1.000	<u>0.572*</u>	-0.331	<u>0.580*</u>
ฟอสเฟต	0.002	<u>0.826**</u>	-0.417	-0.109	<u>0.643**</u>	0.291	<u>0.572*</u>	1.000	0.167	<u>0.723**</u>
ออกซิเจนละลายน้ำ	0.186	0.229	0.439	0.156	-0.374	-0.098	-0.331	0.167	1.000	0.131
BOD	0.043	<u>0.678**</u>	-0.441	-0.186	<u>0.539*</u>	0.353	<u>0.580*</u>	<u>0.723**</u>	0.131	1.000
ของแข็งแขวนลอย	0.185	0.386	<u>-0.608**</u>	-0.300	<u>0.740**</u>	0.439	<u>0.617**</u>	0.417	-0.167	0.307
แบคทีเรียทั้งหมด	-0.266	<u>0.686**</u>	<u>-0.554*</u>	-0.038	<u>0.762**</u>	0.338	<u>0.777**</u>	<u>0.766**</u>	-0.256	<u>0.640**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	0.156	0.061	0.004	0.312	0.343	0.395	0.285	0.187	0.161	0.216
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	0.111	-0.192	-0.165	-0.394	-0.172	-0.318	-0.108	-0.043	-0.197	-0.260
อัตราการรอดตาย	<u>-0.618**</u>	<u>-0.991**</u>	<u>0.695**</u>	<u>0.722**</u>	<u>-0.910**</u>	<u>-0.669**</u>	<u>-0.715**</u>	<u>-0.594*</u>	<u>0.927**</u>	0.270
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	0.456	-0.295	-0.363	-0.328	-0.004	0.396	0.337	0.483	0.045	<u>-0.762**</u>

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 11 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ของแข็งแขวนลอย	แบคทีเรียทั้งหมด	อัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือก	อัตราการเจริญ เติบโตโดยน้ำหนัก	อัตราการรอดตาย	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นผลผลิต
อุณหภูมิ	0.185	-0.266	0.156	0.111	<u>-0.618**</u>	0.456
ความเค็ม	0.386	<u>0.686**</u>	0.061	-0.192	<u>-0.991**</u>	-0.295
ความเป็นกรด - ค่า	<u>-0.608**</u>	<u>-0.554*</u>	0.004	-0.165	<u>0.695**</u>	-0.363
ความเป็นด่าง	-0.300	-0.038	0.312	-0.394	<u>0.722**</u>	-0.328
แอมโมเนีย	<u>0.740**</u>	<u>0.762**</u>	0.343	-0.172	<u>-0.910**</u>	-0.004
ไนโตรเจน	0.439	0.338	0.395	-0.318	<u>-0.669**</u>	0.396
ไนโตรเจน	<u>0.617**</u>	<u>0.777**</u>	0.285	-0.108	<u>-0.715**</u>	0.337
ฟอสเฟต	0.417	<u>0.766**</u>	0.187	-0.043	<u>-0.594*</u>	0.483
ออกซิเจนละลายน้ำ	-0.167	-0.256	0.161	-0.197	<u>0.927**</u>	0.045
BOD	0.307	<u>0.640**</u>	0.216	-0.260	0.270	<u>-0.762**</u>
ของแข็งแขวนลอย	1.000	0.478	0.138	-0.080	-0.025	<u>-0.919**</u>
แบคทีเรียทั้งหมด	0.478	1.000	0.163	-0.168	<u>-0.951**</u>	-0.117
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	0.138	0.163	1.000	-0.360	<u>0.645**</u>	0.424
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.080	-0.168	-0.360	1.000	-0.227	<u>0.980**</u>
อัตราการรอดตาย	-0.025	<u>-0.951**</u>	<u>0.645**</u>	-0.227	1.000	-0.416
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	<u>-0.919**</u>	-0.117	0.424	<u>0.980**</u>	-0.416	1.000

หมายเหตุ

- * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
- ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ กับการเจริญเติบโตของหอยหวานเฉลี่ยจากการตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทดลอง 68 วัน ในชุดการทดลองที่ใช้ระดับความหนาแน่น 1,000 ตัว/ตร.ม.

พารามิเตอร์	อุณหภูมิ	ความเค็ม	ความเป็นกรด - ค่า	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรต	ฟอสเฟต	ออกซิเจนละลายน้ำ	BOD
อุณหภูมิ	1.000	0.137	-0.195	0.052	0.098	0.407	-0.360	0.261	-0.270	0.079
ความเค็ม	0.137	1.000	-0.423	-0.160	0.286	0.306	0.250	<u>0.902**</u>	0.123	<u>0.920**</u>
ความเป็นกรด - ค่า	-0.195	-0.423	1.000	<u>0.806**</u>	<u>-0.766**</u>	<u>-0.675**</u>	<u>-0.598*</u>	-0.321	0.221	-0.372
ความเป็นด่าง	0.052	-0.160	<u>0.806**</u>	1.000	<u>-0.742**</u>	<u>-0.624**</u>	<u>-0.742**</u>	-0.033	0.239	-0.176
แอมโมเนีย	0.098	0.286	<u>-0.766**</u>	<u>-0.742**</u>	1.000	<u>0.719**</u>	<u>0.812**</u>	0.264	<u>-0.607**</u>	0.411
ไนโตรเจน	0.407	0.306	<u>-0.675**</u>	<u>-0.624**</u>	<u>0.719**</u>	1.000	<u>0.798**</u>	0.412	<u>-0.574*</u>	0.406
ไนเตรต	-0.360	0.250	<u>-0.598*</u>	<u>-0.742**</u>	<u>0.812**</u>	<u>0.798**</u>	1.000	0.168	-0.442	0.354
ฟอสเฟต	0.261	<u>0.902**</u>	-0.321	-0.033	0.264	0.412	0.168	1.000	-0.007	<u>0.904**</u>
ออกซิเจนละลายน้ำ	-0.270	0.123	0.221	0.239	<u>-0.607**</u>	<u>-0.574*</u>	-0.442	-0.007	1.000	-0.044
BOD	0.079	<u>0.920**</u>	-0.372	-0.176	0.411	0.406	0.354	<u>0.904**</u>	-0.044	1.000
ของแข็งแขวนลอย	-0.065	0.114	-0.087	-0.194	0.435	0.480	0.423	0.363	-0.448	0.375
แบคทีเรียทั้งหมด	-0.124	<u>0.819**</u>	<u>-0.551*</u>	<u>-0.536*</u>	<u>0.581*</u>	<u>0.695**</u>	<u>0.642**</u>	<u>0.684**</u>	-0.088	<u>0.800**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	0.070	-0.300	0.427	0.308	0.046	-0.007	-0.042	-0.079	-0.027	-0.047
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.002	-0.319	0.039	0.277	-0.162	-0.339	-0.283	-0.267	0.235	-0.455
อัตราการรอดตาย	<u>-0.988**</u>	<u>-0.908**</u>	<u>0.995**</u>	<u>0.998**</u>	<u>-0.994**</u>	<u>-0.963**</u>	<u>-0.938**</u>	<u>-0.932**</u>	<u>0.957**</u>	<u>-0.998**</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	<u>-0.733**</u>	<u>-0.986**</u>	<u>0.877**</u>	<u>0.792**</u>	<u>-0.762**</u>	<u>-0.947**</u>	<u>-0.582*</u>	<u>-0.568*</u>	<u>0.630**</u>	<u>-0.854**</u>

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวก ก. ที่ 12 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ของแข็งแขวนลอย	แบคทีเรียทั้งหมด	อัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเปลือก	อัตราการเจริญ เติบโตโดยน้ำหนัก	อัตราการรอดตาย	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นผลผลิต
อุณหภูมิ	-0.065	-0.124	0.070	-0.002	-0.988**	-0.733**
ความเค็ม	0.114	<u>0.819**</u>	-0.300	-0.319	<u>-0.908**</u>	<u>-0.986**</u>
ความเป็นกรด - ค่า	-0.087	<u>-0.551*</u>	0.427	0.039	<u>0.995**</u>	<u>0.877**</u>
ความเป็นด่าง	-0.194	<u>-0.536*</u>	0.308	0.277	<u>0.998*</u>	<u>0.792**</u>
แอมโมเนีย	0.435	<u>0.581*</u>	0.046	-0.162	<u>-0.994**</u>	<u>-0.762**</u>
ไนไตรท์	0.480	<u>0.695**</u>	-0.007	-0.339	<u>-0.963**</u>	<u>-0.947**</u>
ไนเตรท	0.423	<u>0.642**</u>	-0.042	-0.283	<u>-0.938**</u>	<u>-0.582*</u>
ฟอสเฟต	0.363	<u>0.684**</u>	-0.079	-0.267	<u>-0.932**</u>	<u>-0.568*</u>
ออกซิเจนละลายน้ำ	-0.448	-0.088	-0.027	0.235	<u>0.957**</u>	<u>0.630**</u>
BOD	0.375	<u>0.800**</u>	-0.047	-0.455	<u>-0.998**</u>	<u>-0.854**</u>
ของแข็งแขวนลอย	1.000	0.234	0.386	-0.253	0.351	-0.236
แบคทีเรียทั้งหมด	0.234	1.000	-0.387	<u>-0.589*</u>	<u>-0.900**</u>	<u>-0.989**</u>
อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเปลือก	0.386	-0.387	1.000	-0.087	0.082	-0.492
อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก	-0.253	<u>-0.589*</u>	-0.087	1.000	<u>0.686**</u>	<u>0.976**</u>
อัตราการรอดตาย	0.351	<u>-0.900**</u>	0.082	<u>0.686**</u>	1.000	<u>0.826**</u>
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นผลผลิต	-0.236	<u>-0.989**</u>	-0.492	<u>0.976**</u>	<u>0.826**</u>	1.000

หมายเหตุ

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

ภาคผนวก ข.

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. การเตรียมน้ำตัวอย่าง

นำน้ำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman GF/C ขนาดรูพรุน 0.8 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.47 ซม. เก็บใส่ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างทันที

2. การวิเคราะห์แอมโมเนีย (Sasaki and Sawada, 1980)

2.1 การเตรียมสารเคมี

- สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมซัลเฟต: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

อบแอมโมเนียมซัลเฟตที่อุณหภูมิ 110°C นาน 1 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งแอมโมเนียมซัลเฟตที่อบแล้ว 0.6607 ก. ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1 ล. เติมนคลอโรฟอร์ม (chloroform) 0.2 มล. เพื่อรักษาสภาพ มีอายุการใช้งาน 6 เดือนเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C

- สารละลายฟีนอล: $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

ชั่งฟีนอล 10 ก. ละลายใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 100 มล. ใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C มีอายุการใช้งาน 2 สัปดาห์

- สารละลายออกซิไดซ์ซิ่ง: Oxidizing Reagent

(1) ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1.6 ก. ละลายในน้ำกลั่น 20 มล. เติมนคลอโรไอโซไซยานูริก (dichloroisocyanuric acid sodium salt) 0.2 ก.

- (2) ชั่งไตรโซเดียมซิติเรท ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 20 ก. ละลายในน้ำกลั่น 40 มล.

นำ (1) และ (2) มาผสมกัน ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C มีอายุการใช้งาน 2 สัปดาห์

- สารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซค์: $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]2\text{H}_2\text{O}$

ชั่งโซเดียมไนโตรปริสไซค์ 0.5 ก. ละลายด้วยน้ำกลั่น Deionized ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C มีอายุการใช้งาน 2 สัปดาห์

2.2 การเตรียม working std. และ blank

working std.

- คุก std. Ammonium Sulfate 10 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำทะเล จนมีปริมาตรครบ 100 มล.

- คุก std. จากข้อ 1 มา 10 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 200 มล. ปริมาตรด้วยน้ำทะเล จนมีปริมาตรครบ 200 มล. สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 50 µg N/L

Blank

- น้ำทะเลเทียม
- น้ำกลั่น Deionized

2.3 วิธีการวิเคราะห์

1) คุคน้ำตัวอย่างใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มล. คุก working std. ใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มล. คุคน้ำทะเลเทียมใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มล.

2) คุคน้ำกลั่น Deionized ใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มล.

3) เติมสารละลายฟีนอล 0.4 มล. เขย่า

4) เติมสารละลายออกซิไดซ์ซิ่ง 1 มล. เขย่า

5) เติมสารละลายโซเดียมไนโตรปริสต์ 0.4 มล. ปิดฝาเขย่า

6) นำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 45 °C นาน 30 นาที นำขึ้นมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

7) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

น้ำทะเลควรมีค่า ABS = 0.069

(NH₄)SO₄ working std. ควรมีค่า ABS = 0.9445

3. การวิเคราะห์ไนไตรท์ (Bendschneider and Robinson, 1952)

3.1 การเตรียมสารเคมี

- สารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์: NaNO₂

อบโซเดียมไนไตรท์ที่อุณหภูมิ 110 °C นาน 1 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งโซเดียมไนไตรท์ที่อบแล้ว 0.345 ก. ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 500 มล. เติมคลอโรฟอร์ม (chloroform) 0.2 มล. เพื่อรักษาสภาพ ใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C มีอายุการใช้งาน 2 เดือน

- สารละลายซัลฟานิลาไมด์: C₆H₈N₂O₂S

ชั่งซัลฟานิลาไมด์ 2.0 ก. ละลายในน้ำกลั่น แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 20 มล. ปรับปริมาตรให้ได้ 200 ล. ใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C มีอายุการใช้งาน 6 เดือน

- สารละลายเอ็นอีดี: N- (1-naphthyl) ethylenediamine dihydrogenchloride:
 $C_{10}H_7NHCH_2CH_2NH_2 \cdot 2HCl$

ซึ่ง N- (1-naphthyl) ethylenediamine dihydrogenchloride น้ำหนัก 0.2 ก. ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 200 มล. ใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C มีอายุการใช้งาน 1 เดือน

3.2 การเตรียม working std. และ blank

working std.

- จุด std. Sodium Nitrite 10 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 200 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น Deionized จนมีปริมาตรครบ 200 มล.

- จุดสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนไตรท์ จากข้อ 1 มา 5 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น Deionized จนมีปริมาตรครบ 500 มล. สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 5 µg N/L

Blank

- น้ำกลั่น Deionized

3.3 วิธีการวิเคราะห์

- 1) จุด working std. ใส่ในหลอดทดลอง หลอดละ 10 มล.
- 2) จุดน้ำกลั่น Deionized ใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มล.
- 3) จุดตัวอย่างใส่หลอดทดลอง หลอดละ 10 มล. ตัวอย่างละ 1 หลอด
- 4) เติมสารละลายซัลฟานิลไมด์ ตัวอย่างละ 0.2 มล. เขย่าตั้งทิ้งไว้ 2 – 8 นาที
- 5) เติมสารละลายเอ็นอีดี 0.2 มล. ปิดฝาเขย่า ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 2 ชม.
- 6) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

$NaNO_2$ working std. ควรมีค่า ABS = 0.2486

น้ำกลั่น Deionized ควรมีค่า ABS = 0.0014

4. การวิเคราะห์ไนเตรท (APHA *et al.*, 1980)

4.1 การเตรียมสารเคมี

- สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไนเตรท: KNO_3

อบโปแตสเซียมไนเตรท ที่อุณหภูมิ 110 °C นาน 1 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งโปแตสเซียมไนเตรทที่อบแล้ว 1.011 ก. ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ล. เติมคลอโรฟอร์ม (chloroform) 0.2 มล. เพื่อรักษาสภาพ ใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C มีอายุการใช้งาน 1 ปี

- สารละลายอีดีทีเอ: Ethylenediamine Tetra-acetic Acid Tetra Sodium Salt: EDTA-4Na

ซึ่ง EDTA-4Na 45 ก. ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ล. ใส่ในขวดสีชา เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C มีอายุการใช้งาน 1 ปี

- สารละลายอีดีทีเอ: EDTA-4Na สำหรับล้างคอลัมน์

ซึ่ง EDTA-4Na 4.5 ก. ละลายด้วยน้ำกลั่น 5 ล. เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.625 มล.

- สารละลายซัลฟานิลาไมด์: Sulfanilamide Solution

การเตรียมเหมือนในวิธีการวิเคราะห์ไนไตรท์

- สารละลายเอ็นอีดี: N-(1-naphthyl) Ethylenediamine Dihydrogenchloride:

$C_{10}H_7NHCH_2CH_2NH_2 \cdot 2HCl$

การเตรียมเหมือนในวิธีการวิเคราะห์ไนไตรท์

- สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 2% (W/V): Copper Sulfate: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

ซึ่งคอปเปอร์ซัลเฟต 2 ก. ละลายในน้ำกลั่น 100 มล.

- วิธีการเตรียมรีดักชันคอลัมน์ (reduction column)

การเคลือบแคดเมียม (cadmium) ใช้เม็ดแคดเมียมจำนวน 25 ก. ล้างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 นอร์มอล 1 – 2 ครั้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด ล้างด้วยสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 2% (W/V) จนกระทั่งเกิดตะกอนสีน้ำตาล ล้างด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 10 ครั้ง เพื่อล้างตะกอนทองแดงออกให้หมด ใช้ขวดทองแดงนำมาล้างเป็นรูปทรงกลม นำไปจุ่มตรงกันคอลัมน์ เติมสารละลายอีดีทีเอสำหรับล้างคอลัมน์ให้เต็มคอลัมน์ เทแคดเมียมที่เคลือบด้วยทองแดงแล้วลงไปให้ได้ส่วนสูงประมาณ 18.5 ซม. พยายามให้น้ำท่วมเม็ดแคดเมียมอยู่ตลอดเวลา เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศในคอลัมน์ การล้างคอลัมน์ (cleaning column) ก่อนและหลังการใช้คอลัมน์ จำเป็นต้องทำการล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายอีดีทีเอ และควรทำการล้าง 3 – 4 ครั้ง ในแต่ละครั้งที่ใช้

4.2 การเตรียม working std. และ blank

working std.

- คุด std. Potassium Nitrate มา 10 มล. ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 200 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำทะเลให้ครบ 200 มล.

- คุด std. จากข้อ 1 มา 5 มล. ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มล. ปริมาตรด้วยน้ำทะเลให้ครบ 500 มล. จะได้ std. มีความเข้มข้น 5 µg N/L

Blank

- น้ำทะเลเทียม ซึ่งเตรียมโดยสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) น้ำหนัก 30 ก. ในน้ำกลั่น 1 ล.

4.3 วิธีการวิเคราะห์

1) ตวงน้ำตัวอย่าง working std. และน้ำทะเล ใส่ขวดรูปชมพู่ ขวดละ 70 มล. ตัวอย่างละ 1 ขวด (std. และน้ำทะเลใส่ตามจำนวนคอลัมน์ๆ ละ 2 ซ้ำ)

2) เติมสารละลาย EDTA-4Na ลงในแต่ละขวด ๆ ละ 0.7 มล. เขย่า นำไปผ่านคอลัมน์ที่มีอัตราการไหล 6 มล./นาทิตามลำดับ ดังนี้

- EDTA ล้างคอลัมน์ 2 ครั้ง
- น้ำทะเล
- น้ำตัวอย่าง
- working std.

โดยน้ำที่ไหลผ่านช่วงแรก 40 – 45 มล. ทิ้งไป เก็บน้ำที่ผ่านหลังจากนั้นไว้ 10 มล. จดบันทึกว่าน้ำตัวอย่างชนิดใดผ่านคอลัมน์ตัวใด

3) นำน้ำที่ผ่านคอลัมน์มาวิเคราะห์หาไนไตรท์ โดยเติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 0.2 มล. และเติมสารละลายเอ็นอีดี 0.2 มล. เขย่า ทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 2 ชม.

4) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

น้ำทะเลเทียม ควรมีค่า ABS = 0.0461

KNO₃ working std. ควรมีค่า ABS = 0.2678

5. การวิเคราะห์ค่าออร์โธฟอสเฟต (Boyd and Tucker, 1992)

5.1 การเตรียมสารเคมี

- สารละลายกรดกำมะถัน 5 N เจือจางกรดกำมะถันเข้มข้น 70 มล. ด้วยน้ำกลั่น ปล่อยให้เย็น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล.

- สารละลาย Potassium Antimonyl Tartate: ละลาย $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ 1.3715 ก. ในน้ำกลั่น 400 มล. แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล.

- สารละลาย Ammonium Molybdate: ละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 20 ก. ในน้ำกลั่น 500 มล. เก็บสารละลายในขวดพลาสติกไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C

- สารละลาย Ascorbic Acid 0.1 M: ละลาย Ascorbic Acid 1.76 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล. เก็บสารละลายไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C มีอายุการใช้งาน 1 สัปดาห์

- สารก่อกำเนิด ผสมสารละลาย 4 ชนิดแรกเข้าด้วยกันตามลำดับและสัดส่วนดังนี้

สารละลายกรดกำมะถัน	50 มล.
สารละลาย Potassium Antimonyl Tartate	5 มล.
สารละลาย Ammonium Molybdate	15 มล.
สารละลาย Ascorbic Acid	30 มล.

เมื่อผสมกันแล้ว สารก่อก้อนนี้จะเก็บไว้ใช้ได้ไม่เกิน 4 ชม.

- สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต ละลาย KH_2PO_4 0.2195 ก. ในน้ำกลั่น 1 ล. จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 50 μg N/L จากนั้นเจือจางสารละลายมาตรฐานนี้ 50 มล. ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 500 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 5 μg N/L ล้วนนำไปเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตให้มีความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ระดับ อยู่ในช่วง 0.00 – 1.00 μg N/L

- สารละลายฟีนอลฟิธาลิน ละลายฟีนอลฟิธาลิน 0.50 ก. ใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 50 มล. และน้ำกลั่น 50 มล.

- สารละลายกรดกำมะถัน 30% เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 300 มล. ลงในน้ำกลั่น 600 มล. ปล่อยให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ล.

- สารละลาย Potassium Persulfate: ละลาย $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 10 ก. ในน้ำกลั่น 200 มล. ควรเตรียมสารละลายนี้ใหม่ทุกวัน

- สารละลาย Sodium Hydroxyide: ละลาย NaOH 80 ก. ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้ครบ 1 ล.

5.2 วิธีการวิเคราะห์

1) ล้างเครื่องแก้วด้วยกรดเกลือ 50% จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำประปา แล้วล้างน้ำสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น

2) ตวงน้ำตัวอย่าง 50 มล. ใส่ erlenmeyer flask แล้วหยดสารละลายฟีนอลฟิธาลินลงไป 1 หยด ถ้าน้ำตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีชมพู ให้เติมสารละลายกรดกำมะถัน 30% ทีละหยด จนสีชมพูจางหายไป จากนั้นเติมสารละลายกรดกำมะถัน 30% ปริมาตร 1 มล. และสารละลาย Potassium Persulfate 10 มล. ปิดปากฟลาสก์ด้วยกระดาษอะลูมิเนียม แล้วนำไปตั้งใน autoclave ด้วยความดัน 15 – 20 psi (ประมาณ 120 °C) เป็นเวลา 30 นาที

3) เมื่อน้ำตัวอย่างเย็นแล้ว เติมสารละลายฟีนอลฟิธาลินลงไป 1 หยด จากนั้นเติมสารละลาย NaOH จากบิวเรตจนกระทั่งน้ำตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน ปรับปริมาตรของน้ำตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มล.

4) ใส่น้ำตัวอย่างรวมทั้งสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตซึ่งผ่านกระบวนการข้างต้นแล้วปริมาตร 25 มล. ใน erlenmeyer flask แล้วเติมสารก่อสี 4 มล. ผสมให้เข้ากัน ปล่อยให้ไวอย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร

6. การวิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) (APHA *et al.*, 1980)

6.1 การเตรียมสารเคมี

- สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต: Na_2CO_3
 อบโซเดียมคาร์บอเนต ที่อุณหภูมิ 110°C นาน 1 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งโซเดียมคาร์บอเนตที่อบแล้ว 1.060 ก. ละลายในน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ล. (สารละลายนี้ต้องใช้ภายใน 2 – 3 ชม.)

- สารละลายกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มอล; 0.02 N Sulfuric Acid: H_2SO_4
 เตรียมสารละลายกรดซัลฟูริก 1 นอร์มอล โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. N_2SO_4) 28 มล. ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ล. แบ่งกรดซัลฟูริก 1 นอร์มอลมา 20 มล. เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ล.

- สารละลายฟีนอล์ฟธาลีน
 ชั่งฟีนอล์ฟธาลีน 0.5 ก. ละลายใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 50 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 100 มล.

- สารละลายเมทิลออเรนจ์
 ชั่งเมทิลออเรนจ์ 0.5 ก. ละลายในน้ำกลั่น 100 มล.

- สารละลายบรอมกรีนซอลกรีน
 ชั่งบรอมกรีนซอลกรีน 0.1 ก. และเมทิลเรด 0.02 ก. ละลายใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 100 มล.

การประเมินความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

$$\text{Normality (N)} = \frac{\text{จำนวนก. } \text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{น้ำหนัก ก. สมมูลย์ (52.995)}}$$

การประเมินความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก

ดูดสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต มา 10 มล. เติมน้ำกลั่น 90 มล. ใส่นาฬิกาแก้ว ปีกเกอร์ ไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก จนกระทั่ง pH ประมาณ 5 ต้มสารละลายใน ปีกเกอร์ประมาณ 3 – 5 นาที โดยใช้ cover glass ครอบสารละลายขณะต้ม ทิ้งไว้ให้เย็นใน อุณหภูมิห้อง ไตเตรทจนกระทั่งถึงจุดยุติ (pH 4.5)

คำนวณความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกจากสูตร

$$N1V1 = N2V2$$

เมื่อ	N1	=	ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก (N)
	N2	=	ความเข้มข้นของ โซเดียมคาร์บอเนต (N)
	V1	=	ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ (มล.)
	V2	=	ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนต (มล.)

6.2 วิธีการวิเคราะห์

- 1) ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 100 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่
- 2) เติมสารละลายฟีนอล์ฟธาไลน์ 4 หยด สารละลายจะกลายเป็นสีชมพู ไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกจนสีชมพูจางหายไป บันทึกปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ (ถ้าสารละลายไม่มีสีชมพูให้ทำข้อ 3)
- 3) เติมสารละลายบรอมกรีนซอลกรีน 5 หยด สารละลายจะเป็นสีฟ้าอมเขียว ไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก จนสีฟ้าจางหายไป บันทึกปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกทั้งหมดที่ใช้
- 4) คำนวณหาค่าความเป็นด่างจากสูตร

$$\text{ค่าความเป็นด่างฟีนอล์ฟธาไลน์ (P. Alkalinity)} = A \times N \times 50,000 / V$$

$$\text{ค่าความเป็นด่างรวม (Total Alkalinity)} = B \times N \times 50,000 / V$$

เมื่อ	A	=	ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกที่ไตเตรทจนสีชมพูจางหายไป
	B	=	ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกทั้งหมดที่ใช้
	N	=	ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก (N)
	V	=	ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ไตเตรท (100 มล.)

7. การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solid : TSS) (APHA *et al.*, 1980)

- เอน้ำกลั่นผ่านกระดาษกรอง GF/C แล้วนำกระดาษกรองไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 24 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก
- เลือกปริมาตรน้ำตัวอย่างที่จะให้ค่าของแข็งแขวนลอย อย่างน้อยที่สุด 2.5 มก.
- วางกระดาษกรอง GF/C ที่ทราบน้ำหนักแล้วลงในชุดกรองสูญญากาศซึ่งติดตั้งเรียบร้อยแล้ว
- กรองน้ำตัวอย่างตามปริมาตรที่ต้องการผ่านกระดาษกรอง โดยอาศัยแรงดูดสูญญากาศ
- ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างข้างกรวยกรองด้านใน พร้อมทั้งกรองด้วยแรงสูญญากาศ

- ใช้ปากคีบจับกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 24 ชม.

- ปลดกระดาษกรองให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักนำไปคำนวณหาค่าของแข็งแขวนลอยดังนี้

ปริมาณของแข็งแขวนลอย = มก.ของแข็งที่ติดบนกระดาษกรอง x 1,000 /มก.น้ำตัวอย่างที่ใช้

8. การวิเคราะห์ค่า BOD (APHA *et al.*, 1980)

8.1 การเตรียมสารเคมี

- สารละลาย Manganous sulfate: ละลาย $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 480 ก. หรือ $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ 400 ก. หรือ $MnSO_4 \cdot H_2O$ 364 ก. ในน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรอง แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1 ล.

- สารละลาย Alkali-Iodide-Azide (AIA): ละลาย NaOH 500 ก. และ NaI 135 ก. หรือใช้ KOH 700 ก. และ KI 150 ก. ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล. จากนั้นละลาย NaN_3 10 ก. ในน้ำกลั่น 40 มล. แล้วเติมสารละลาย NaN_3 ผสมกับสารละลาย NaOH-NaI ที่เตรียมไว้ก่อนหน้านี้

- กรดกำมะถัน (H_2SO_4) เข้มข้น

- น้ำแป้ง: เติม Soluble Sarch 2 ก. และ Salicylic Acid 0.2 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล.

แล้วนำไปต้มจนสารละลายใส

- สารละลายมาตรฐาน Sodium Thiosulfate: ละลาย $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 6.205 ก. และ NaOH 0.4 ก. ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล. หาคความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ โดยไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน Potassium Dichromate

- สารละลายมาตรฐาน Potassium Dichromate 0.0250 N: ละลาย $K_2Cr_2O_7$ 0.6129 ก. ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล.

- สารละลาย Potassium Iodide: ละลาย KI 2 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล.

8.2 วิธีการวิเคราะห์

1) ทำให้น้ำตัวอย่างอิ่มตัวด้วยออกซิเจน โดยใช้เครื่องเติมอากาศ

2) เติมน้ำตัวอย่างให้เต็มขวด BOD 2 ใบ จากนั้นหาปริมาณ DO ในขวดตัวอย่างแรกทันที ส่วนน้ำตัวอย่างอีกขวดหนึ่งนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 20 ± 1 °C เป็นเวลา 5 วัน แล้วหาปริมาณ DO ในขวดนั้น

3) หาคความเข้มข้นของ DO ในขวดน้ำตัวอย่างซึ่งบรจุในขวด BOD โดยเติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 มล. ตามด้วยสารละลาย AIA 1 มล. แล้วปิดฝาขวดผสมสารละลายให้เข้ากัน

โดยพลิกขวดกลับหัวไปมา 20 ครั้ง จากนั้นปล่อยให้ตะกอนนอนก้น แล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 1 มล. ปิดฝาขวดแล้วพลิกขวดกลับหัวเพื่อให้กรดละลายตะกอนจนหมด ตวงน้ำตัวอย่าง 200 มล. ตวงน้ำตัวอย่าง 200 มล. ไปไตเตรทกับสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน จึงเติมน้ำแป้งลงไป 8 หยด แล้วไตเตรทต่อจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี แสดงว่าถึงจุดยุติ ในกรณีที่ใช้ปริมาตรน้ำตัวอย่าง 200 มล. ไตเตรทกับสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.0250 N 1 มล. เท่ากับ DO เข้มข้น 1 มก/ล.

4) หาค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ โดยเติมสารละลายมาตรฐาน $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.250 N 1 มล. ลงในพลาสติกซึ่งบรรจุสารละลาย KI 100 มล. และกรดกำมะถันเข้มข้น 2 – 3 หยด แล้วเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมประมาณ 250 มล. แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ โดยละลาย KI 2 กรัมในน้ำกลั่น 100 มล. เติม 10 มล. ของ $1+9 \text{ H}_2\text{SO}_4$ ผสม 20 มล. $\text{KH}(\text{IO}_2)$ 0.025 N เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 200 มล. ไตเตรต I_2 ที่ถูกขับออกมาด้วยสารละลายมาตรฐาน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เติมน้ำแป้งเมื่อใกล้จุดยุติ ถ้าสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ มีความเข้มข้น 0.025 N ปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรตจะเท่ากับ 20 มล.

คำนวณหาค่า BOD_5 จากสูตร

$$\text{BOD}_5 = (\text{ค่า DO ในวันเริ่มต้น} - \text{ค่า DO เมื่อครบ 5 วัน}) / \text{มล. น้ำตัวอย่าง}$$

9. การหาปริมาณแบคทีเรียรวม (ภาควิชาจุลชีววิทยา, 2535)

- 1) เจือจางน้ำตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นจนได้ระดับความเจือจางถึง 10^{-7} ในขวดพลาสติก เก็บตัวอย่างแบบมีฝาปิดขนาด 1 มล.
- 2) เขียนชื่อกลุ่มระดับความเข้มข้น 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} ที่ฝาด้านล่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ทุก plate
- 3) ใช้ Micropipette ดูดน้ำตัวอย่างเจือจาง 0.1 มล. ที่ระดับความเข้มข้น 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} โดยใช้ Tip 1 อัน สำหรับแต่ละความเข้มข้น ใส่บนอาหาร PCA
- 4) จุ่มแท่งแก้วสามเหลี่ยมลงในบีกเกอร์ซึ่งมีแอลกอฮอล์ 95% บรรจุอยู่ ยกขึ้นมารอให้แอลกอฮอล์ไหลลงไปในบีกเกอร์จนเกือบหมดแล้วเผาไฟรอจนเย็น จากนั้นใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมกวาดไปบนอาหาร PCA ที่มีสารละลายเจือจางของน้ำตัวอย่างอยู่ โดยกวาดให้ทั่วผิววง นำไปอบในตู้อบเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C นาน 48 ชม.

5) การอ่านผล

การคำนวณเชื้อแบคทีเรียรวมในน้ำตัวอย่าง ให้นำจำนวนแบคทีเรียในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อยู่ในช่วง 30 – 300 colonies แล้วคำนวณจำนวน colony ต่อ 1 มล. สมมุติว่าจานอาหารเลี้ยง

เชื้อที่ระดับความเข้มข้น 10^{-4} อ่านได้ 85 CFU (colony forming unit) ดังนั้นจำนวนเชื้อแบคทีเรียต่อ 1 มล. จำนวนได้ดังนี้

ที่ระดับความเข้มข้น 10^{-3}	ปริมาตร 0.1	มล. นับได้	85	CFU
ที่ระดับความเข้มข้น ไม่เจือจาง	ปริมาตร 1	มล. มีเชื้อ	$85 \times 10^4 \times 10$	CFU
			$= 8.5 \times 10^6$	CFU

ดังนั้นมีจำนวนเชื้อแบคทีเรีย 8.5×10^6 CFU/ml

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นายพนม สีนวรพันธุ์	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	4742072	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2546