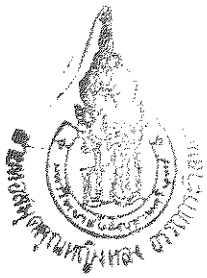
การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) แบบพัฒนาโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว (*Crassostrea belcheri* Sowerby)

Treatment of Effluent from Intensive Culture of Black Tiger Prawn (*Penaeus monodon* Fabricius) by Using Oyster (*Crassostrea belcheri* Sowerby)



ประทีป สองแก้ว

Pratheep Songkeao

เลขหมู่ SH341 .W4k 2544 ฉ.2
Bib Key 210580
4 ธ.ค. 2544

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Aquatic Science

Prince of Songkla University

2544

ชื่อวิทยานิพนธ์ การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) แบบพัฒนาโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว (*Crassostrea belcheri* Sowerby)

ผู้เขียน นายประทีป สองแก้ว

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา อังสุภานิช)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา อังสุภานิช)

.....กรรมการ
(ดร. วิไลวรรณ เจริญคุณานนท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานพ อรัญนารถ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติ ทฤษฎิคุณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ฉบับสมบูรณ์ กฤษฎิ์ แสงหลง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ได้รับเมื่อ บัณฑิตวิทยาลัย NO. 1 มี.ค. 2544

ชื่อวิทยานิพนธ์ การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) แบบพัฒนาโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว (*Crassostrea belcheri* Sowerby)

ผู้เขียน นายประทีป สองแก้ว

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) แบบพัฒนาโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว (*Crassostrea belcheri* Sowerby) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ (1) ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาเมื่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว (2) ศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวจากการเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย จังหวัดสงขลา ในการทดลองที่ (1) คุณภาพน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ สูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 313.93-373.50 มค.ก./ล. ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 91.33-101.00 มก./ล. บีโอดีมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17.33-25.67 มก./ล. แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.032-0.049 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ความเค็มของน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14-22 ppt และอุณหภูมิของน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 32.20-32.40 ^{0}ซ ทำการทดลองในระบบน้ำนิ่งที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่ให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 16 วัน ใช้ตู้กระจกขนาด 30×60×30 ซม. วางกลางแจ้ง โดยใช้หอยขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 25±5 ก. ความยาวเปลือกเฉลี่ยตัวละ 5.2 ซม. แบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 ก./ล. ผลปรากฏว่าอัตราความหนาแน่นของหอย 30 ก./ล. ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งได้ดีที่สุด เพราะปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แอมโมเนีย ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และบีโอดีลดลง 86.54%, 15.56%, 47.26% และ 79.35% ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่เมื่อระยะเวลาการทดลองเกิน 4 วัน หรือความหนาแน่นของหอยมากกว่า 30 ก/ล. พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการทดลองเพิ่มขึ้น และค่าบีโอดียังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด อาจเนื่องจากหอยขับถ่าย

ของเสียออกมา และเมื่อครบระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยตะโกรมกราม ขาวหนาแน่น 70 ก./ล. มีอัตราการตาย 10%

ในการทดลองที่ (2) น้ำทิ้งที่เข้ามาในถังทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.96-78.28 มค.ก./ล. ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 52.40-158.33 มก./ล. บีโอดีมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.67-16.67 มก./ล. แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.015-0.135 มก. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ความเค็มของน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26-28 ppt และอุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 27.00-29.50 ^{o}ซ ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าฟลูออร์เรสเซนต์ 12 ชั่วโมง/วัน มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% โดยปริมาตร ทุกๆ 4 วัน โดยเลี้ยงหอยหนาแน่น 30 ก./ล. ต่างกัน 3 ขนาด คือ ขนาดน้ำหนักเปียก 25, 50 และ 100 ก./ตัว เป็นระยะเวลาการทดลอง 60 วัน ผลปรากฏว่า หอยที่มีขนาดน้ำหนัก 25 ก./ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 0.125 %/ตัว/วัน รองลงมาเป็นหอยขนาดน้ำหนัก 50 และ 100 ก./ตัว ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต 0.073 และ 0.021 %/ตัว/วัน ตามลำดับ ส่วนดรรชนีการเจริญเติบโตของหอยขนาดน้ำหนัก 25 ก./ตัว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.67 รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้หอยขนาดน้ำหนัก 50 และ 100 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตเท่ากับ 1.29 และ 1.24 ตามลำดับ โดยมีอัตรารอดตาย 68.59%, 81.66% และ 83.05% ตามลำดับ

Thesis Title	Treatment of Effluent from Intensive Culture of Black Tiger Prawn (*Penaeus monodon* Fabricius) by Using Oyster (*Crassostrea belcheri* Sowerby)
Author	Mr. Pratheep Songkeao
Major Program	Aquatic Science
Academic Year	2000

Abstract

This study examined the effect of using oysters (*Crassostrea belcheri* Sowerby) to treat effluent resulting from the intensive culture of black tiger prawns (*Penaeus monodon* Fabricius) at the Marine Shrimp Research and Development Center, Songkhla Province. Two related experiments were conducted: (1) a study on the quality of effluent from intensive culture of black tiger prawns after treatment with oysters, and (2) a study on growth of the oysters grown on the effluent from intensive culture of black tiger prawns. In the first experiment, the effluent contained 313.93-373.50 µg/l chlorophyll *a*, 91.33-101.00 mg/l total suspended solids, 17.33-25.67 mg/l BOD, 0.032-0.049 mg/l ammonia-N, salinity 14-22 ppt, and water temperature ranged 32.20-32.40 °C. There were 8 treatments - 0 (control), 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 70 g oysters/l, with 3 replicates. The oysters, weighing 25±5 g each and mean shell length of 5.2 cm, were placed in 30 x 60 x 30 cm-glass aquaria and placed outdoors with a static water system (no water exchange, but aeration provided throughout the experiment) for 16 days. It was found that the density rate of 30 g oyster/l was the most efficient treatment at 4 days based on the percentage decrease of chlorophyll a, ammonia, total suspended solids and BOD (86.54%, 15.56%, 47.26% and 79.35%, respectively), all of which values are in acceptable safety ranges for aquatic animals. After 4 days of oyster treatment, or densities over 30 g oyster/l, the ammonia concentration increased with time and BOD was greater than the safety standard, possibly due to the added oyster excreta. At 70 g oyster/l, the oyster mortality was 10% at the end of experiment.

In the second experiment, the oysters were cultivated in a laboratory using effluent containing 6.96 - 78.28 µg/l chlorophyll *a*, 52.40-158.33 mg/l total suspended solids, 2.67-16.67 mg/l BOD, 0.015-0.135 mg/l ammonia-N, 26-28 ppt salinity, with water temperature ranging from 27.00-29.50 °C. Light was provided from fluorescent lamps for 12 hours/day and water was exchanged 50% by volume every 4 days. The oysters were stocked at a density of 30 g/l with 3 sizes (25, 50 and 100 g each). The experiment lasted for 60 days. It was found that oysters of 25 g/piece had the highest growth rate of 0.125 %/piece/day, and oysters of 50 and 100 g/piece had a growth rate of 0.073 and 0.021 %/piece/day, respectively. The condition index of the 25 g/piece oysters was the highest (1.67), and the oysters of 50 and 100 g/piece were 1.29 and 1.24, respectively. The survival rates were 68.59%, 81.66% and 83.05%, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร. เสาวภา อังสุภานิช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและแก้ไขความบกพร่องด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณ ดร. วิไลวรรณ เจริญคุณานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานพ อรัญนารถ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ความกรุณาเสนอแนะแก้ไขเพิ่มเติม จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ขอขอบพระคุณ ดร. จิราพร เกษรจันทร์ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย จ. สงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณพิษณุ นาอนันต์ หัวหน้ากลุ่มวิจัยเทคนิคการเลี้ยง คุณอุษณี เอกปณิธานพงศ์ หัวหน้ากลุ่มวิจัยโรคและพยาธิ และ ดร. พุทธ ส่องแสงจินดา หัวหน้ากลุ่มวิจัยวิศวกรรมการเพาะเลี้ยงและสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย จ. สงขลา ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยด้วยเป็นอย่างดี

นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความอุปการะและเป็นกำลังใจอย่างดียิ่ง เช่นเดียวกับภรรยาและลูก ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโท เจ้าหน้าที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และผู้ที่มิได้เอ่ยนามทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ประทีป สองแก้ว

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการรูป	(12)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	15
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	16
วัสดุและอุปกรณ์	16
วิธีการ	19
3. ผล	25
4. วิจารณ์	90
5. สรุป	104
เอกสารอ้างอิง	105
ภาคผนวก	115
ประวัติผู้เขียน	174

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรที่มีการจัดการเลี้ยงแตกต่างกัน	4
2	ค่าเฉลี่ยปริมาณมลสารที่ออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ขนาด 2 ไร่ เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง 16 สัปดาห์	5
3	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	26
4	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของแอมโมเนีย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	29
5	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของไนเตรท ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	33
6	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของไนไตรท์ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	36
7	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของฟอสเฟต ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	40
8	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	43
9	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของบีโอดี ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	46

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	49
11	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเค็ม ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	52
12	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) จากเริ่มต้นการทดลองของอุณหภูมิ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	55
13	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	60
14	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	60
15	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	66
16	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	66
17	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของฟอสเฟต ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	71
18	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	71

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเข้มข้นของบีโอดี ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	77
20	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	77
21	ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของอุณหภูมิน้ำ ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	83
22	น้ำหนักเฉลี่ย (ก./ตัว±S.E.) และอัตราการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	84
23	ดรรชนีการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว (ค่าเฉลี่ย±S.E.) ที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งโดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	87
24	อัตรารอดตายเฉลี่ยของหอยตะโกรมกรามขาว (%) ที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	88

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1	การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา เมื่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว	20
2	การศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว จากการเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา	23
3	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	28
4	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	31
5	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรท ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	35
6	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	38
7	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟต ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	41
8	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	44
9	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดี ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	48
10	ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	51
11	ค่าความเค็มเฉลี่ย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	54
12	ค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	56

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
13	อัตราการตายของหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น	58
14	เปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	62
15	เปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	64
16	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	68
17	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	70
18	เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	73
19	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	76
20	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของบีโอดี ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	79
21	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	82
22	น้ำหนักเฉลี่ยของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	86
23	อัตรารอดตายของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด	89

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยมีการเพิ่มขยายตัวอย่างรวดเร็ว ในช่วงปี 2533-2537 พื้นที่เลี้ยงกุ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย โดยปี 2537 ผลผลิตสูงขึ้นถึง 263,446 ตัน จากพื้นที่การเลี้ยง 457,793 ไร่ และเริ่มลดลงเล็กน้อยในปี 2538 เหลือจำนวน 259,541 ตัน แต่พื้นที่การเลี้ยงเพิ่มขึ้นเป็น 468,386 ไร่ สำหรับในปี 2540 การเลี้ยงกุ้งชลอตัวแทบคงที่ มีพื้นที่การเลี้ยงทั้งหมด 457,000 ไร่ ผลผลิตลดลงจากปี 2539 เพียงเล็กน้อย ประมาณ 4.99 เปอร์เซ็นต์ หรือเหลือ 227,560 ตัน (กรมประมง, 2542) โดยปี 2539 และ 2540 เกษตรกรหันมาเลี้ยงกุ้งในพื้นที่น้ำจืดบริเวณภาคกลางกันมากขึ้น ทำให้ผลผลิตกุ้งที่เลี้ยงในน้ำจืดเพิ่มขึ้นแต่ผลผลิตของกุ้งทั้งหมดลดลงเล็กน้อย โดยพื้นที่เลี้ยงกุ้งในเขตน้ำจืดภาคกลางมีเนื้อที่ประมาณ 140,343 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) สำหรับผลผลิตกุ้งกุลาดำที่ลดลงเนื่องจากปัญหาสภาพแวดล้อมที่เสื่อมลง ซึ่งเกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือน และเกษตรกรรม โดยใน ปี ค.ศ. 1989 ทำให้กุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทยตายเนื่องจากโรคระบาด และไม่ทราบสาเหตุ (Hambrey and Lin, 1998) นอกจากนี้ยังมีความล้มเหลวของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ประเทศไต้หวัน ในปี ค.ศ. 1988, 1992 และ 1993 (Chua, 1993) รวมทั้งประเทศฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย จีน ศรีลังกา และเอควาดอร์ (Briggs, 1993)

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศมากกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบดั้งเดิม เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาเป็นการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่น ใช้อาหารสำเร็จรูปเป็นหลักและให้อาหารสดเสริมในช่วงระยะเวลาเดือนสุดท้ายของการเลี้ยง รวมทั้งมีการใช้สารเคมีตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ดังนั้นหากการจัดการระบบการเลี้ยงไม่ดีมีผลทำให้อาหาร ของเสียที่ขับถ่ายออกจากตัวกุ้งและสารเคมีบางส่วนเหลือตกค้างอยู่บริเวณพื้นบ่อ ตามปกติการขับถ่ายของเสียจากตัวกุ้งกุลาดำและการตายของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงมีปริมาณที่ค่อนข้างสูงอยู่แล้ว (คณิต และคณะ, 2535) ของเสียในบ่อจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมีผลทำให้ตะกอนดินมีการสะสมของเสียเหล่านี้ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากตะกอนดินมากขึ้น ทำให้มีการใช้ก๊าซออกซิเจนเพื่อการสลายของเสียเหล่านี้มากขึ้น (Kasper, 1985 อ้างโดย ยงยุทธ และคณะ, 2532) นอกจากนี้ก็จะเกิดก๊าซแอมโมเนียจากการขับถ่ายของ

กุ้งและจากการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ถูกนำไปใช้เป็นธาตุอาหารของสาหร่ายขนาดเล็กหรืออาจถูกใช้ไปในปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน โดยขั้นแรกแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และเปลี่ยนเป็นไนเตรทในขั้นต่อมา นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเกิดขึ้นหลังจากการตายของแพลงก์ตอนจำนวนมาก (Boyd, 1982)

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในปัจจุบันมีทั้งระบบปิด และระบบกึ่งปิด สำหรับในระบบกึ่งปิดการเปลี่ยนถ่ายน้ำขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงและจากภายนอกบ่อเป็นหลัก หากคุณภาพน้ำที่จะเติมเข้ามาในบ่ออยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและคุณภาพน้ำในบ่อเสื่อมสภาพลงก็จะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ส่วนในระบบการเลี้ยงแบบปิด ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากแหล่งน้ำภายนอกแต่จะเพิ่มเครื่องตีน้ำมากขึ้นและให้อากาศตลอดเวลา และผู้ประกอบกิจการบางรายมีการสร้างบ่อตกตะกอนและบ่อพักน้ำ โดยนำน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งมาผ่านการบำบัดด้วยคลอรีนและปูนขาว เพื่อฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นก่อนนำกลับมาใช้เลี้ยงใหม่ ซึ่งมีการปฏิบัติกันน้อยประมาณ 7% ของการสำรวจทั้งหมด (Hambrey and Lin, 1998) และผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำส่วนใหญ่มักปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง ไม่มีการบำบัดน้ำทิ้งแต่อย่างใด ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ อีกทั้งมีการฉีดเลน ดูดเลน การใช้สารเคมี ตลอดจนการบุกรุกป่าชายเลน ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งเป็นอย่างมากโดยเฉพาะในเขตบริเวณปากแม่น้ำ ลำคลองที่ติดต่อกับทะเล ส่งผลให้ปริมาณสัตว์น้ำและคุณสมบัติของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นยังทำให้แหล่งวางไข่และอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนถูกทำลาย ผลจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์มากเกินกว่าธรรมชาติจะรองรับได้ ทำให้รัฐบาลโดยการผลักดันของกรมประมงได้ออกประกาศกฎกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เกี่ยวกับการจดทะเบียนฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา สำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาจะต้องขออนุญาตจากเจ้าหน้าที่กรมประมงก่อน ถ้ามีพื้นที่การเลี้ยงกุ้งมากกว่า 50 ไร่ จะต้องมีบ่อบำบัดน้ำทิ้งประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่การเลี้ยงทั้งหมด และน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 10 มก./ล. (คณิต และดุสิต, 2535)

การศึกษาที่ผ่านมา พบว่ามีการใช้หอยนางรม (*Crassostrea virginica*) บำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (*Penaeus vannamei*) ที่รัฐฮาวาย ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Wang, 1990 อ้างโดย Phillips, 1995) ส่วนการเลี้ยงหอยนางรมในน้ำทิ้งมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น การเลี้ยงหอยนางรม (*Crassostrea gigas*) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากิลท์เฮด ซีบรีม (Gilthead seabream; *Sparus auratus*) ในประเทศอิสราเอล (Shpigel *et al.*, 1993b) การทดลองเลี้ยงหอยนางรมพันธุ์ใหญ่หรือหอยตะโกรมกรามดำ (*Crassostrea lugubris*) ในนากุ้ง (ศุภชัย และคณะ, 2525) แต่ยัง

ไม่มีรายงานการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งหรือบ่อพักน้ำหรือบริเวณที่รับน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความสามารถของหอยตะโกรมกรามขาวในการดูดซึมสารอินทรีย์บางชนิดจากน้ำทิ้ง ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ และบีโอดี และศึกษาความเป็นไปได้ในการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หากเป็นไปได้ก็อาจเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตและรายได้ให้กับเกษตรกร แล้วยังช่วยลดปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำธรรมชาติดีขึ้น เนื่องจากการบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวเป็นวิธีการทางชีวภาพที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหมือนกับวิธีการทางเคมี

การตรวจเอกสาร

1. คุณภาพน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง หมายถึงน้ำที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของการเลี้ยงกุ้งและถูกถ่ายลงสู่คลองระบายน้ำสาธารณะหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยคุณสมบัติของน้ำทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพเปลี่ยนแปลงไป มวลน้ำที่ปล่อยออกมาอาจจะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตะกอน และน้ำทิ้งจากการเปลี่ยนถ่ายระหว่างการเลี้ยงกุ้ง (คณิต และยงยุทธ, 2537)

ยงยุทธ และคณิต (2537) ได้ศึกษาคุณสมบัติของน้ำและผลของการเลี้ยงกุ้งจากการจัดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ระบบ คือระบบการจัดการที่ 1 (เกษตรกรรายย่อย) จำนวน 38 บ่อ และระบบการจัดการที่ 2 (เกษตรกรรวมกลุ่มในรูปบริษัท) จำนวน 22 บ่อ ในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา ในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม 2533 ถึง เดือนเมษายน 2535 โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบริเวณกลางบ่อและบริเวณทางน้ำออกทุกๆ 2 สัปดาห์ ปรากฏว่าน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของเกษตรกรรายย่อยด้อยกว่าน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำของเกษตรกรที่รวมกลุ่มในรูปบริษัท โดยปริมาณความเข้มข้นของไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนียรวม ออร์โธฟอสเฟต บีโอดี สารแขวนลอยทั้งหมด และคลอโรฟิลล์ เอ ของกลุ่มเกษตรกรรายย่อยมีค่าสูงกว่าในกลุ่มเกษตรกรที่อยู่ในรูปบริษัท สำหรับบีโอดี และสารแขวนลอยทั้งหมดทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเกินมาตรฐานที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรที่มีการจัดการเลี้ยงแตกต่างกัน (ยงยุทธ และคณิต, 2537)

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	เกษตรกรรายย่อย		เกษตรกรรวมกลุ่มในรูปบริษัท	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
อุณหภูมิ (°ซ)	30.2	0.17	29.4	0.23
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	7.2	0.13	7.3	0.18
พีเอช	8.0	0.03	8.0	0.04
ความเค็ม (ppt)	31.1	0.38	32.5	0.50
ความโปร่งใส (ซม.)	33.2	1.46	40.8	1.92
ไนไตรท์ (มก./ล.)	0.013	0	0.003	0
ไนเตรท (มก./ล.)	0.037	0	0.016	0
แอมโมเนียรวม (มก./ล.)	0.612	0.05	0.106	0.07
ออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)	0.025	0.01	0.009	0.01
บีโอดี (มก./ล.)	7.1	0.32	5.4	0.42
สารแขวนลอยทั้งหมด (มก./ล.)	213.9	6.73	118.4	8.82
คลอโรฟิลล์ เอ (มค.ก./ล.)	140.1	9.33	75.7	12.26
ซีโอดี (มก./ล.)	39.04	1.55	27.58	1.98
ซิลิเกต (มก./ล.)	0.249	0.27	0.168	0.03

ดุสิต และคณะ (2536) ได้ศึกษาปริมาณของมลสารที่ถูกปล่อยจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาด 2 ไร่ ของการเลี้ยง 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีผลผลิตสูงกับกลุ่มที่มีผลผลิตต่ำ ปรากฏว่ากลุ่มที่มีผลผลิตสูง (ปล่อยกุ้งด้วยความหนาแน่นสูง) น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีความอุดมสมบูรณ์ด้วยสารอาหารและสารแขวนลอย ทำให้ปริมาณของมลสารที่ถูกปล่อยออกจากบ่อยิ่งมากตามไปด้วย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณมลสารที่ออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ขนาด 2 ไร่ เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง 16 สัปดาห์ (ดุสิต และคณะ, 2536)

ตัวแปร	กลุ่มที่มีผลผลิตกุ้งต่ำ	กลุ่มที่มีผลผลิตกุ้งสูง
อัตราการปล่อย (ตัว/ม^2.)	35	60
ผลผลิตกุ้ง (กก.)	590	1,667
จำนวนครั้งที่ถ่ายน้ำ	64	62
ปริมาณน้ำที่ถ่ายออก (ม^3.)	8,255	18,574
แอมโมเนีย (กก. NH_4-N)	2.800	19.667
ไนไตรท์ (กก. NO_2-N)	0.045	0.203
ไนเตรท (กก. NO_3-N)	0.190	0.433
อนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (กก.)	3.000	20.267
ไนโตรเจนรวม (กก.)	10.800	50.233
ฟอสฟอรัสรวม (กก.)	0.600	1.267
คลอโรฟิลล์ เอ (กก.)	0.250	1.100
บีโอดี (กก.)	30.550	86.867
สารแขวนลอยที่สามารถตกตะกอนได้ (กก.)	293.800	1,665.633

ยงยุทธ และคณะ (2532) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่อัตราความหนาแน่น 23, 24 และ 30 ตัว/ม^2. เก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย (NH_3) ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ในแต่ละความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยของออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ในบ่อที่มีความหนาแน่น 30 ตัว/ม^2. มีความแตกต่างจากบ่อที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 23 และ 24 ตัว/ม^2. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) หลังจากสัปดาห์ที่ 5 เป็นต้นไป พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในตอนเช้าทุกบ่อต่ำกว่าที่กุ้งจะเจริญเติบโตได้ดี คือต่ำกว่า 4 มก./ล. แต่ในตอนบ่ายอยู่ในระดับปกติ ค่าบีโอดีมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.2-10.5 มก./ล. ความเค็มของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 11-24 ppt ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 6.3-8.9 และความโปร่งใสมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 18-63 ซม.

Briggs และ Funge-Smith (1994) ศึกษาปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เข้าและออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ บริเวณอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา พบว่าปริมาณไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งมาจากอาหารมากที่สุด รองลงมาจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และการใส่ปุ๋ย คิดเป็น 92%, 5% และ 2.2% ตามลำดับ ส่วนปริมาณของไนโตรเจนที่ออกจากบ่อ โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำมากที่สุด รองลงมาอยู่ในตะกอน การจับกุ้ง และระเหยสู่บรรยากาศ คิดเป็น 35%, 31%, 21% และ 13% ตามลำดับ ส่วนปริมาณของฟอสฟอรัสที่เข้ามาในบ่อเลี้ยง มาจากการให้อาหารมากที่สุด รองลงมาจากดินตะกอน และการใส่ปุ๋ยลงในบ่อ คิดเป็น 51%, 26% และ 21% ตามลำดับ และฟอสฟอรัสออกสู่นอกบ่อโดยตะกอนมากที่สุด รองลงมาจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และการเก็บเกี่ยวผลผลิต คิดเป็น 84%, 10% และ 6% ตามลำดับ ส่วน Macintosh และ Phillips (1992) รายงานว่าอาหารที่ให้กุ้งมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยที่กุ้งได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพียง 22.5 และ 14.5% และสูญเสียไปกับน้ำมากที่สุดถึง 77.5 และ 85.5% ตามลำดับ

2. การบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปที่นิยมกัน มี 3 วิธี คือ

1.) การบำบัดน้ำทิ้งทางกายภาพ

การบำบัดน้ำทิ้งทางกายภาพที่นิยมกัน เช่น การให้ตกตะกอนโดยการสร้างบ่อพักน้ำ การกรองน้ำ สำหรับการตกตะกอนสามารถลดปริมาณของสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำได้เป็นอย่างดี และการตกตะกอนจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและขนาดของวัตถุแขวนลอยในน้ำ เมื่อเกิดการตกตะกอนและคุณภาพน้ำดีขึ้นจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก็สามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ (Harrison, 1990)

2.) การบำบัดน้ำทิ้งทางเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งมีอยู่หลายชนิด เช่น ปูนขาว ฟอร์มาลิน คลอรีน เป็นต้น เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น สำหรับปูนขาวช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำ เมื่อใส่ลงในน้ำมีการปลดปล่อยอิออนออกมาทำให้ความเป็นด่าง (alkalinity) และความกระด้างของน้ำ (hardness) เพิ่มขึ้น (Boyd, 1990)

3.) การบำบัดนำทิ้งทางชีวภาพ

การบำบัดน้ำทิ้งทางชีวภาพโดยการใช้สิ่งมีชีวิต เช่น การใช้จุลินทรีย์ สาหร่าย ผมนาง และปลากินพืช เพื่อช่วยลดปริมาณของสารอินทรีย์และแพลงก์ตอนพืชให้น้อยลง (Macintosh and Phillips, 1992) และการใช้หอยสองฝาก็เป็นสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำ

มาใช้บำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่คาดว่าจะช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์บางอย่างในน้ำทิ้งได้เป็นอย่างดี

2.1. การบำบัดน้ำทิ้งโดยใช้หอยสองฝา

คณิต และคณะ (2535) ทดลองใช้หอยแมลงภู่ (*Mytilus* sp.) และสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) เพื่อบำบัดน้ำทิ้งทางชีวภาพจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในโรงเพาะฟักที่หลังคาโปร่งแสง ดำเนินการทดลองในระบบน้ำนิ่ง ให้อากาศตลอดเวลา ใช้ถังทดลองขนาด 200 ล. โดยทดลอง 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้สาหร่ายผมนางน้ำหนัก 168±2 ก. และหอยแมลงภู่น้ำหนัก 200±2 ก. ครั้งที่ 2 ใช้สาหร่ายผมนางน้ำหนัก 340±2 ก. และหอยแมลงภู่น้ำหนัก 400±2 ก. โดยใส่หอยในอวนตาข่ายวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 ซม. ขนาดตาอวน 1 ซม. ส่วนสาหร่ายผมนางใส่ในแผงอวนสี่เหลี่ยมขนาด 50×50 ซม. จำนวน 3 ชั้น ขนาดตาอวน 1 ซม. นำไปแขวนในถังทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดควบคุม (น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง) ชุดสาหร่ายผมนาง ชุดหอยแมลงภู่ และชุดผสม (สาหร่ายผมนางกับหอยแมลงภู่) ผลปรากฏว่าการทดลองครั้งที่ 1 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของบีโอดี ซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และคลอโรฟิลล์ เอ ของชุดควบคุม ชุดสาหร่ายผมนาง ชุดหอยแมลงภู่ และชุดผสม ลดลงอยู่ในช่วง 26.05-37.39%, 27.21-38.46%, 8.90-54.90% และ 42.44-55.25% ตามลำดับ ในชั่วโมงที่ 48 ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 เมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายผมนางและหอยแมลงภู่อีกเท่าตัว ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของบีโอดี ซีโอดี และคลอโรฟิลล์ เอ ของชุดสาหร่ายผมนาง ชุดหอยแมลงภู่ และชุดผสม ลดลงอยู่ในช่วง 39.47-76.81%, 55.77-77.70% และ 78.81-87.76% ในชั่วโมงที่ 24 ส่วนแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในชุดหอยแมลงภู่ และชุดผสม เพิ่มสูงขึ้นในชั่วโมงที่ 48 เนื่องจากการขับถ่ายของเสียจากหอยออกมา

ธนิษฐา (2537) ใช้หอยแมลงภู่ (*Perna* sp.) เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่ปล่อยกุ้งเลี้ยงในอัตรา 34 ตัว/ม^2. โดยสูบน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งอายุ 1 เดือน ใส่ในถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 1 ตัน ใช้หอยขนาดน้ำหนักตัวละ 20 ก. ใส่ในกระบะพลาสติกแล้วนำไปแขวนในถังไฟเบอร์กลาส อัตราความหนาแน่น 1, 3, 5 และ 7 กก./น้ำ 1 ตัน ทดลองในระบบน้ำนิ่งและมีการให้อากาศตลอดเวลา 10 วัน โดยมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังการการบำบัดด้วยหอยแมลงภู่ ปรากฏว่าภายหลังการบำบัดน้ำทิ้งค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำลดลง

380.53, 131.26 และ 133.33% ตามลำดับ ส่วนแอมโมเนีย ออร์โธฟอสเฟต และไนไตรท์เพิ่มขึ้น 78.44, 38.81 และ 17.79% ตามลำดับ

Shpigel และคณะ (1997) ทดลองที่ประเทศอิสราเอล โดยใช้หอยนางรม (*Crassostrea gigas*) และหอยสองฝา *Tapes philippinarum* กรองน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลากิลท์เฮด ซีบรีม (Gilthead Seabream; *Sparus auratus*) โดยให้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาไหลผ่านอ่างทดลองเลี้ยงหอยตลอดเวลา 2 แบบ คือแบบที่ 1 Plug Flow Reactor (PFR) ควบคุมให้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาไหลเข้าอ่างทดลอง (reactor) ทางด้านกว้างของถาดแล้วไหลออกไปยังด้านตรงข้ามตามแนวยาว แบบที่ 2 Continuous Stirred Flow Reactor (CSFR) ควบคุมให้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเข้าสู่อ่างทดลอง โดยวางท่อน้ำเข้าและออกตามแนวยาวของอ่าง และอยู่คนละด้านของอ่าง บรรจุน้ำ 14.4 ล./ถาด จำนวน 4 ถาด ใช้หอยขนาดน้ำหนักเปียก 3-7 ก./ตัว ปริมาณ 1 กก./อ่าง ความหนาแน่น 17 ก./ล. ผลปรากฏว่าในระบบ PFR เมื่อใช้หอยสองฝา *Tapes philippinarum* และหอยนางรมสามารถลดความขุ่นได้เท่ากัน คือ 88% ส่วนในระบบ CSFR หอยนางรมสามารถลดความขุ่นได้ 79% และหอย *Tapes philippinarum* สามารถลดความขุ่นได้ 76% และจากการศึกษาการกรองน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้หอยนางรมเพียงอย่างเดียว ในปริมาณ 500 ก./อ่าง (น้ำหนักเปียก) ความหนาแน่น 35 ก./ล. โดยทดลองในระบบ PFR ควบคุมอัตราการไหลของน้ำ 40 ล./ชม. แต่ใช้หอยขนาดน้ำหนักต่างกัน คือ 7 และ 22 ก./ตัว และผสมหอยนางรมทั้งสองขนาดในสัดส่วนที่เท่ากัน ปรากฏว่าหอยนางรมน้ำหนักตัวละ 7 ก. สามารถลดความขุ่นได้ 64% หอยนางรมน้ำหนักตัวละ 22 ก. สามารถลดความขุ่นเท่ากับ 52% และหอยนางรมที่ผสมทั้งสองขนาดในสัดส่วนที่เท่ากัน สามารถลดความขุ่นเท่ากับ 66%

Shpigel และคณะ (1993a) รายงานว่าหอยนางรม (*Crassostrea gigas*) สามารถดูดซับไนโตรเจนในน้ำทิ้งของการเลี้ยงปลากิลท์เฮด ซีบรีม ได้ 14.5% สาหร่าย *Ulva lactuca* ดูดซับไนโตรเจนได้ 22.4% ปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) ดูดซับไนโตรเจนได้ 26% ตกตะกอนในดินและกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) 32.9% และส่วนที่เหลือ 43% ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ สำหรับระบบการบำบัดเป็นแบบน้ำไหลโดยการสูบน้ำจากทะเลเข้าบ่อเลี้ยงปลากิลท์เฮด ซีบรีม ขนาด 100 $ม^3$. จำนวน 3 บ่อ ปล่อยปลาในอัตรา 700 กก./บ่อ มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน ๆ ละ 50% และให้อาหารที่มีโปรตีน 40% วันละ 1-4% แล้วมีการสูบน้ำเข้าบ่อตกตะกอนซึ่งเป็นบ่อดิน ขนาด 250 $ม^3$. มีการปล่อยปลาหมอเทศ 1,000 ตัว จากนั้นน้ำจากบ่อตกตะกอนก็ไหลเวียนไปยังถังเลี้ยงหอยนางรมที่ควบคุมอัตราการไหล 4,000 ล./ชม. ซึ่งมีการ

ปล่อยหอยในอัตราความหนาแน่น 50 กก./ $ม^3$. จากนั้นก็ไหลไปยังถังเลี้ยงสาหร่าย *Ulva lactuca* ขนาดบรรจุน้ำ 600 ล. ก่อนปล่อยลงสู่ทะเล

Helfrich และคณะ (1995) ได้ทดลองในรัฐเวอร์จิเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อศึกษาการควบคุมปริมาณของแข็งแขวนลอยและแพลงก์ตอนพืชโดยใช้หอยแมลงภู่ (*Elliptio complanata*) ขนาดน้ำหนักตัวละ 123 ก. อัตราความหนาแน่นเฉลี่ย 0.6, 1.1 และ 1.7 ตัว/ล. โดยดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม ใช้ตู้กระจกขนาด 40 ล. บรรจุน้ำทิ้งจากชุมชน 10 ล. ทดลองในระบบน้ำนิ่ง มีการให้อากาศตลอดเวลา ใช้ระยะเวลาการทดลอง 24 ชม. ปรากฏว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ 37%, 51% และ 58% ตามลำดับ และสามารถลดปริมาณสาหร่ายจำพวก chlorophyta ได้ 28%, 41% และ 54% ตามลำดับ ส่วนในภาคสนามสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ 47%, 49% และ 61% ตามลำดับ และสามารถลดปริมาณสาหร่ายจำพวก chlorophyta ได้ 57%, 83% และ 92% ตามลำดับ และได้ศึกษาประสิทธิภาพการกรองของแข็งแขวนลอยในน้ำของหอยแมลงภู่ ปลามินโนว์ (Minnow) และ ปลากิซซาร์ด แชด (Gizzard shad) อัตราความหนาแน่น 3.4, 0.5, และ 1.4 ตัว/ล. ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ระบบน้ำนิ่ง ระยะเวลาการทดลอง 24 ชม. ปรากฏว่าหอยแมลงภู่มีประสิทธิภาพการกรองลดลงมากที่สุดเท่ากับ 66% ส่วนปลามินโนว์ และปลากิซซาร์ด แชด มีประสิทธิภาพการกรองลดลงน้อยเท่ากับ 4% และ 45% ตามลำดับ

Lei และคณะ (1996) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกรองของหอยแมลงภู่ *Dreissena polymorpha* โดยใช้เม็ดพลาสติกที่มีขนาดแตกต่างกัน 5 ขนาด คือ 0.5, 1.0,1.5, 2.0, 3.1, 4.0 และ 5.1 ไมโครเมตร ปรากฏว่าหอยชนิดนี้สามารถกรองเม็ดพลาสติกที่มีขนาด 1.5 ไมโครเมตร ได้มากที่สุด สำหรับอัตราการกรองเม็ดพลาสติกที่มีขนาด 2.0, 3.1, 4.0 และ 5.1 ไมโครเมตร ไม่มีความแตกต่างกับเม็ดพลาสติกที่มีขนาด 1.5 ไมโครเมตร

หอยสองฝาแต่ละชนิดสามารถลดปริมาณของสารอาหารในน้ำแตกต่างกัน สำหรับหอยตะโกรมกรามขาวเป็นหอยสองฝาอีกชนิดหนึ่งในช่วงเต็มวัยเกาะอยู่กับที่ และกรองกินอาหารในมวลของน้ำ ซึ่งคาดว่าหากนำมาใช้ในการบำบัดสารอาหารในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ คงสามารถลดปริมาณของสารอินทรีย์บางชนิดได้เป็นอย่างดี

2.2 ลักษณะทางชีววิทยาของหอยตะโกรมกรามขาว

2.2.1 ลักษณะภายนอก

หอยตะโกรมกรามขาวหรือหอยนางรมพันธุ์ใหญ่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Crassostrea belcheri* (Sowerby) เป็นหอยสองฝาที่มีเปลือกทั้งสองข้างไม่เท่ากัน เปลือกด้านซ้ายมีขนาดใหญ่

และมีลักษณะเป็นรูปถ้วยซึ่งเป็นด้านที่หอยใช้เกาะติดกับวัสดุ ในขณะที่เปลือกด้านขวาของหอยจะมีลักษณะค่อนข้างแบนราบ เปลือกหอยนางรมประกอบด้วยสารประกอบแคลเซียมคาร์บอนเนตเป็นส่วนใหญ่ เช่นเดียวกับเปลือกหอยชนิดอื่นๆ เปลือกทั้งสองข้างเชื่อมติดกันด้วยบานพับ ลักษณะของหอยนางรมพันธุ์ใหญ่โดยทั่วไปรูปร่างไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม (Quayle, 1980) และสามารถจัดลักษณะทางอนุกรมวิธานได้ดังนี้

Phylum Mollusca

Class Lamellibranchiata หรือ Bivalvia

Order Ostreoida

Family Ostreidae

Genus *Crassostrea*

Species *belcheri* (Quayle and Newkirk, 1989)

2.2.2 ลักษณะภายใน

ภายในเปลือกแข็งส่วนที่เป็นเนื้อหอยนั้น ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเป็นแผ่นบางๆ ห่อหุ้มอวัยวะภายใน เรียกว่าเนื้อเยื่อแมนเทิล (mantle) มีลักษณะเป็นริ้วแผ่ขยายออกไปถึงบริเวณช่องปาก อยู่ทั้ง 2 ข้างของเปลือก และวางเชื่อมติดกับเปลือกหอยด้านใน เนื้อเยื่อแมนเทิลประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนนอก ส่วนกลาง และส่วนใน สำหรับเนื้อเยื่อแมนเทิลทั้งสองข้างของหอยนางรมจะไม่เชื่อมติดกัน ทำให้ช่องแมนเทิล (mantle cavity) เปิดออกติดต่อกับภายนอกได้เกือบรอบตัว และภายในช่องแมนเทิลมีน้ำล้อมรอบ (Quayle and Newkirk, 1989) สำหรับช่องแมนเทิลมีบทบาทในการนำน้ำที่มีอาหารติดอยู่เข้ามาภายในลำตัว ส่วนเหงือก (gill) มี 2 คู่ ทำหน้าที่เป็นกลไกกรองอาหารจากน้ำ พร้อมทั้งทำหน้าที่หายใจ และช่วยขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย (Purchon, 1977) และบริเวณกึ่งกลางของลำตัวมีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ จำนวน 1 อัน เรียกว่า (adductor muscle scar) ทำหน้าที่ยึดฝาเปลือกหอยตลอดจนบังคับให้ฝาอ้าเปิด-ปิดตามความต้องการ ภายในเปลือกหอยยังเป็นที่รวบรวมของอวัยวะต่างๆ เช่น ระบบการย่อยอาหาร ระบบประสาท ระบบขับถ่ายของเสีย การไหลเวียนโลหิต และระบบสืบพันธุ์ (ไพโรจน์, 2520)

2.2.3. การแพร่กระจาย

หอยตะโกรมกรามขาวเป็นหอยสองฝาขนาดใหญ่ อาศัยอยู่ทั้งในบริเวณน้ำกร่อยและน้ำเค็ม รวมทั้งบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในช่วงกว้าง โดยแพร่กระจายมากในเขตร้อน แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Quayle and Newkirk, 1989) ในประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปินส์ ไทย เวียดนาม (Angell,1985) ศรีลังกา (Sadacharan, 1982) และอินเดีย

(Silas *et al.*, 1982) สำหรับในประเทศอินเดียพบมากบริเวณชายฝั่งของรัฐมาดราส (Madras) และชายฝั่งของรัฐทมิล นาดู (Tamil Nadu) (Nagabhushanam and Mane, 1991)

ในประเทศไทย พบว่าหอยตะโกรมกรามขาวมีการแพร่กระจายมากทั้งฝั่งอ่าวไทยแถบจังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส ฝั่งทะเลอันดามันแถบจังหวัดกระบี่ พังงา ระนอง และสตูล และชายฝั่งภาคตะวันออก พบมากแถบจังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด และชลบุรี หอยตะโกรมกรามขาวสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้เกือบตลอดปี แต่ช่วงที่หอยวางไข่ในบริเวณต่างๆ แตกต่างกัน คือ ฝั่งอ่าวไทย พบฤดูกาลผสมพันธุ์วางไข่ 2 ช่วง คือ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม และเดือนกันยายนถึงตุลาคม ฝั่งทะเลอันดามัน ฤดูกาลวางไข่มี 2 ช่วง คือ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน และระหว่างเดือนธันวาคมถึงมกราคม (กรมประมง, 2540)

กรมประมง (2536) รายงานว่าหอยนางรมที่เลี้ยงในประเทศไทย มี 3 ชนิด คือ หอยนางรมพันธุ์เล็กหรือหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea commercialis*) นิยมเลี้ยงมากทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ส่วนหอยนางรมที่เหลืออีกสองพันธุ์เป็นหอยนางรมที่ค่อนข้างมีขนาดใหญ่ เรียกว่าหอยตะโกรมกรามขาว (*Crassostrea belcheri*) และหอยตะโกรมกรามดำ (*C. lugubris*) เลี้ยงกันมากทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งแตกต่างกันที่หอยตะโกรมกรามดำมีรอยกล้ามเนื้อยึดเปลือกฝาสีดำ

2.2.4 แหล่งที่อยู่อาศัย

ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของหอยนางรม คือ

1) ความลึกของน้ำ หอยนางรมมีการแพร่กระจายที่ระดับความลึกแตกต่างกัน Quayle และ Newkirk (1989) รายงานว่าหอยนางรมสามารถลงเกาะไม้หลักได้มากที่ระดับน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดต่างกัน 2-3 ม. สำหรับในประเทศไทยแถบ อ.ปานาเร๊ะ จ. ปัตตานี พบว่าหอยนางรมพันธุ์ใหญ่แพร่กระจายในระดับความลึกเฉลี่ย 0.93 ม. (นริศ และคณะ, 2523) ในแถบจังหวัดตรัง และสตูล หอยนางรมมีการแพร่กระจายอยู่ในช่วงความลึกของน้ำต่ำสุดและสูงสุด 0.52-6.33 ม. (สิริ และคณะ, 2526) และบริเวณชายฝั่งของประเทศศรีลังกา ที่ระดับความลึกของน้ำลงต่ำสุด 0.5 ม. มีหอยนางรมกระจายอยู่ทั่วไป (Sadacharan, 1982)

2) ลักษณะพื้นดิน หอยตะโกรมกรามขาวที่แพร่กระจายในแถบชายฝั่งของประเทศไทย ฟิลิปินส์ พม่า ศรีลังกา อินโดนีเซีย เวียดนาม และอินเดีย พบในพื้นที่มีพื้นดินเป็นลักษณะดินโคลน หรือโคลนปนทราย โดยเฉพาะในบริเวณอ่าวไทยพื้นดินเป็นดินโคลนปนทราย ส่วนฝั่งทะเลอันดามันพื้นดินเป็นโคลน และมีป่าไม้ชายเลนเพื่อให้หอยลงเกาะอยู่จำนวนมาก หากพื้นดินเป็น

โคลนตมมีผลทำให้หอยมีอัตราการตายสูง ปริมาณแพลงก์ตอนที่เป็นอาหารตามธรรมชาติมีความชุกชุมต่ำ ทำให้หอยเจริญเติบโตช้า (Saraya, 1982)

3) กระแสน้ำ กระแสน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวควรไหลช้าๆ และสม่ำเสมอ มีความเร็วของน้ำประมาณ 3-4 ม./วินาที (กรมประมง, 2540)

4) ความเค็ม หอยตะโกรมกรามขาวเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีความเค็มอยู่ในช่วง 9-35 ppt (Angell, 1985) ในประเทศไทยพบหอยตะโกรมกรามขาวแพร่กระจายอยู่ในน้ำที่มีความเค็ม อยู่ในช่วง 15-30 ppt (กรมประมง, 2540) ส่วนในประเทศมาเลเซีย พบหอยชนิดนี้แพร่กระจายในน้ำที่มีความเค็มอยู่ในช่วง 15-32 ppt (Tan and Wong, 1994)

5) ความขุ่นของน้ำ ความขุ่นที่เกิดจากตะกอนดิน ทำให้ตะกอนดินและโคลนตมเกาะตามเหงือกจนหอยหายใจไม่สะดวกและตายในที่สุด นอกจากนี้ความขุ่นยังทำให้ประสิทธิภาพการกรองกินอาหารต่ำลง มีผลทำให้การแพร่กระจายของหอยน้อยลงด้วย (Quayle, 1980)

2.2.5 ประวัติการเพาะเลี้ยงหอยนางรม

ในต่างประเทศ การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการเพาะพันธุ์หอยได้ริเริ่มขึ้นมาเป็นเวลากว่าร้อยปี โดยในปี ค.ศ. 1883 J. A. Ryder ได้รายงานการอนุบาลหอยนางรมที่ได้จากการผสมเทียม และปี ค.ศ. 1884 F. Winslow ได้รายงานผลการทดลองเพาะผสมเทียมหอยนางรม ซึ่งทำการทดลองตั้งแต่ปี ค.ศ. 1882 ในปี ค.ศ. 1924 H. F. Prytherch สามารถเลี้ยงหอยนางรมอเมริกัน (*C. virginica*) จากการผสมเทียมได้เป็นจำนวนมาก สำหรับ V. Loosanoff และ H. David ได้เขียนตำราการเพาะพันธุ์หอยสองฝา ชื่อ "Rearing of Bivalve Mollusks" ในปี ค.ศ. 1963 ถือว่าเป็นตำราฉบับแรกที่ยอมรับกันจนถึงปัจจุบัน (กรมประมง, 2536)

การเพาะเลี้ยงหอยนางรมในประเทศไทยได้เริ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2522 โดย เผดิมศักดิ์ (2522) ทำการผสมเทียมหอยนางรมพันธุ์ใหญ่ (*C. lugubris*) โดยวิธี Sacrification จนสามารถเลี้ยงลูกหอยได้ถึงวัยลงเกาะ แต่อัตรารอดตายค่อนข้างต่ำ ต่อมาในปี พ.ศ. 2526 สุวราภรณ์ จึงแย้มปิ่น, ยอดยิ่ง เทพธรานนท์ และสุทธิชัย เตมียวณิชย์ ประสบผลสำเร็จในการเพาะฟักหอยนางรมปากจีบ สามารถเลี้ยงจนลูกหอยเข้าสู่ระยะวัยเกล็ด และในปีเดียวกัน กฤษณะ ฐิติกุลรัตน์ ก็ได้เริ่มเพาะฟักหอยตะโกรมขึ้นที่สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดสุราษฎร์ธานี (ปัจจุบันคือศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี) สามารถเลี้ยงลูกหอยได้ถึงอายุ 15 วัน ต่อมาในปี พ.ศ. 2527 กรมประมงได้มอบหมายให้สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (ปัจจุบันคือศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์) รับผิดชอบโครงการผลิตลูกหอยตะโกรมให้แก่เกษตรกรและหน่วยงานราชการ เป็นแห่งแรกของประเทศไทย (กรมประมง, 2536)

ส่วนการเลี้ยงหอยนางรมเข้าใจว่าชาวจีนที่อพยพเข้ามาอาศัยตามชายฝั่งภาคตะวันออก แถบจังหวัดจันทบุรี ระยอง และชลบุรี เป็นผู้ริเริ่มเลี้ยงหอยนางรมมาก่อน โดยใช้ก้อนหินวางเป็นกองๆ ตามชายหาดตื้นๆ ล่อให้หอยนางรมเกาะและเจริญเติบโต ซึ่งเป็นวิธีเดียวกันกับการเลี้ยงหอยนางรมในประเทศจีน (Brohmanonda *et al.*, 1986) สำหรับในภาคใต้มีการเลี้ยงหอยตะโกรมครั้งแรกที่ปากน้ำท่าทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ราวปี พ.ศ. 2503 โดยเลี้ยงหอยบนกระบะไม้ (กรมประมง, 2536)

2.3 การกรองกินอาหาร

อวัยวะภายในที่สำคัญในการกรองกินอาหารของหอยนางรม คือ

เหงือก Morton (1979) และ Purchon (1977) กล่าวว่า หอยนางรมมีเหงือกแบบลา-เมลลิแบรนช์ (lamellibranches) จำนวน 2 คู่ เหงือกประกอบด้วย

1) แกนเหงือก (gill axis) เป็นที่ยึดของแผ่นเหงือก

2) แผ่นเหงือก (gill lamella) เป็นที่ยึดของซี่เหงือก

3) ซี่เหงือก (gill filament) มีจำนวนมากเรียงขนานเป็นแผ่น สำหรับซี่เหงือกประกอบด้วยขน ที่เรียกว่าซิเลีย (cilia) ช่วยในกระบวนการกรองอาหารและลำเลียงอาหาร มีอยู่ 3 ส่วน คือ

3.1) แลทเทอรัลซิเลีย (lateral cilia) เป็นขนที่อยู่ทางด้านข้างของซี่เหงือก มีหน้าที่พัดเอาน้ำเข้าสู่ระบบการกรองกินอาหาร

3.2) ฟรันทัลซิเลีย (frontal cilia) เป็นขนที่อยู่ด้านหน้าของซี่เหงือก มีหน้าที่ในการรวบรวมอาหาร และมีต่อมเมือก (mucus glands) ซึ่งช่วยคัดแยกและลำเลียงอาหารที่มีขนาดเหมาะสมส่งต่อไปยังริมฝีปาก (labial palp)

3.3) แลทเทอโรฟรันทัลซิเลีย (laterofrontal cilia) เป็นขนที่เกิดขึ้นระหว่างด้านข้างและด้านหน้าของซี่เหงือก ทำหน้าที่กรองอาหาร คัดเลือกชนิดและแยกอาหารผ่านเหงือกส่งต่อไปยังฟรันทัลซิเลีย นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อาหารบนฟรันทัลซิเลียตกมาด้านข้างของซี่เหงือก

การกรองกินอาหารของหอยนางรม จะใช้เหงือกในการกรองกินอาหาร โดยอาหารหรืออนุภาคของสารอาหารเข้ามาทางช่องน้ำเข้า (inhalant aperture) ไหลผ่านเข้าสู่ช่องแมนเทิล แล้วไหลผ่านเหงือก อาหารหรืออนุภาคสารอาหารต่างๆ ถูกรวบรวมที่เหงือก อาหารที่มีขนาดใหญ่เกินไปตกลงมาในช่องแมนเทิล และถูกขับออกภายนอกตัวหอยทางช่องน้ำออก (exhalant aperture) ที่เรียกว่าของเสียเทียม (pseudofaeces) ส่วนอาหารที่มีขนาดเหมาะสมมีเมือกมาปกคลุม และ

มีฟรันทรัลซีเลียเล็กๆ อยู่ที่ซี่เหงือก คอยโบกพัดให้อนุภาคของสารอาหารไปยังแผ่นริมฝีปาก ซึ่งทำหน้าที่คัดแยกอาหาร และนำอาหารสู่ปาก หลอดอาหาร (esophagus) และกระเพาะอาหาร (stomach) ภายในกระเพาะอาหารมีแท่งผลึกสีเหลือง เรียกว่า คริสตัลไลน์สไตล์ (crystalline style) ประกอบด้วยสารมิวโคโปรตีน (mucoprotein) ทำหน้าที่หลั่งน้ำย่อยอะไมเลส (amylase) สำหรับย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล และน้ำย่อยเซลลูเลส (cellulase) สำหรับย่อยเซลลูโลสซึ่งเป็นผนังเซลล์ของพืช และการดูดซึมอาหารเกิดขึ้นที่ต่อมน้ำย่อย (digestive gland) และกระเปาะย่อยอาหาร (digestive diverticula) ส่วนอาหารที่ย่อยไม่ได้หรือกากอาหาร ก็ถูกส่งต่อไปยังลำไส้เล็กและลำไส้ตรงออกทางช่องเปิดของทวารหนัก (Quayle and Newkirk, 1989) กระบวนการกรองกินอนุภาคสารอาหารของหอยสองฝาจะเป็นไปได้ด้วยดีและมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเข้าสู่ช่องแมนเทิลมากพอ และตัวหอยอยู่ในน้ำตลอดเวลา (Saleuddin and Wilbur, 1983) ในธรรมชาติหอยนางรมกรองกินอาหารทั้งที่เป็นแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์น้ำขนาดเล็กที่เน่าเปื่อย (Huner and Brown, 1985)

หอยนางรมมีความสามารถในการกรองกินอนุภาคสารอาหารที่มีขนาดแตกต่างกัน เช่น หอยนางรม (*C. virginica*) สามารถกรองกินอนุภาคสารอาหารที่มีขนาด 5 ไมโครเมตร ได้มากที่สุด (Roduhouse and O'kelly, 1981) ส่วนอัตราการกรองกินอนุภาคสารอาหารของหอยนางรม (*C. gigas*) ที่อุณหภูมิน้ำ 5 ^{0}ซ เท่ากับ 10 ล./ชม./น้ำหนักเนื้อแห้ง 1 ก. และที่อุณหภูมิน้ำ 15 ^{0}ซ หอยนางรมชนิดนี้สามารถกรองกินแพลงก์ตอนพืช *Phoeodactylum tricornatum* ขนาด 3-9 ไมโครเมตร ได้ 27.5X10^{6} เซลล์/ชม./น้ำหนักเนื้อแห้ง 1 ก. (Fiala-Médioni and Copello, 1984 อ้างโดย Barnabé, 1990) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกรองกินอาหารของหอย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ อัตราการไหลของน้ำ อนุภาคสารอาหาร ขนาดของหอย จำนวนหอย และลักษณะจำเพาะของหอย (Spencer, 1988)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณของแอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ ฟอสเฟต บีโอดี คลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่เปลี่ยนแปลงไปจากการบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว

2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา

3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

เป็นน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย ต. พะวง อ. เมือง จ. สงขลา

1.1 การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาเมื่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว

เก็บน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาบริเวณประตูระบายน้ำออกเมื่ออายุการเลี้ยงกุ้ง 118 วัน โดยสูบน้ำระดับกึ่งกลางของน้ำที่ระบายออก ใส่ถังไฟเบอร์กลาสขนาดบรรจุน้ำ 1,000 ล. แล้วนำไปใส่ตู้ทดลอง น้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงระบบพัฒนา พื้นที่บ่อขนาด 2 ไร่ เตรียมบ่อโดยการตากบ่อให้แห้งประมาณ 1 เดือน ทำการไถพรวนด้วยรถไถเดินตามแล้วโรยปูนขาว 200 กก. เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน ใช้กากชา ปูนโดโลไมท์ ปุ๋ยอนินทรีย์ และมูลไก่ในการเตรียมสีน้ำ 10 วัน ก่อนปล่อยลูกกุ้งระยะโพสท์ลาวา 15 (P.15) อายุ 1 เดือน เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 30 ตัว/ม^2. มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งแรกเมื่อระยะเวลาการเลี้ยง 45 วัน โดยถ่ายน้ำออกประมาณ 40 ซม. จากระดับน้ำในบ่อ 1.5 ม. แล้วเติมให้ได้ระดับเดิม หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 7 วัน/ครั้ง หากคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงด้อยลงก็จะมีการถ่ายน้ำถี่ขึ้น โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งละ 30-60% ให้อาหารกุ้งสำเร็จรูปยี่ห้อสตาร์ฟีดเป็นหลักวันละ 5 มื้อ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และให้อาหารเสริมแร่ธาตุจำพวกวิตามินซีและจุลินทรีย์อาทิตย์ละ 2 ครั้ง

1.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว จากการเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา

เก็บน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงกุ้ง 74 วัน โดยสูบน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยตรงในระดับกึ่งกลางของน้ำในบ่อ ใส่ถังไฟเบอร์กลาสขนาดบรรจุน้ำ 1,000 ล. ขนย้ายด้วยรถกระบะไปใส่ถังไฟเบอร์กลาสขนาดบรรจุน้ำ 1,000 ล. ซึ่งตั้งอยู่ในห้องทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย จ. สงขลา ให้อากาศตลอดเวลา โดยพักน้ำไว้ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ 1 วัน น้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงกุ้งระบบ

พัฒนา พื้นที่บ่อขนาด 0.5 ไร่ เตรียมบ่อโดยการตากบ่อให้แห้งประมาณ 1 เดือน ทำการไถพรวนด้วยรถไถเดินตามแล้วโรยปูนขาว 50 กก. เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน ใช้กากชาปูนโดโลไมท์ ปุ๋ยอนินทรีย์ และมูลไก่ในการเตรียมสีน้ำ 10 วัน ก่อนปล่อยลูกกุ้งระยะโพสท์ลาวา 15 (P.15) อายุ 1 เดือน เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 75 ตัว/ม^2. มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งแรกเมื่อระยะเวลาการเลี้ยง 40 วัน ประมาณ 30% จากระดับน้ำในบ่อ 1.5 ม. หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 3-4 วัน/ครั้ง โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งละ 30-60% ของปริมาตรน้ำทั้งหมด ให้อาหารกุ้งสำเร็จรูปยี่ห้อสตาร์ฟีดเป็นหลักวันละ 5 มื้อ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และให้อาหารเสริมแร่ธาตุและจุลินทรีย์สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

2. **หอยตะโกรมกรามขาว** (*Crassostrea belcheri*)

หอยตะโกรมกรามขาว ได้จากการรวบรวมในแหล่งน้ำธรรมชาติ บริเวณบ้านบางพัฒน์ ต. บางเตย อ. เมือง จ.พังงา ขนาดน้ำหนักเปียกเฉลี่ย 25 ก./ตัว ความยาวเปลือกเฉลี่ย 5 ซม.

การปรับสภาพของหอย โดยนำหอยใส่ในกระชังขนาด 1.5×1.5×0.5 ม. ที่บุด้วยอวนขนาดตา 1 นิ้ว ผูกวางไว้บริเวณกระชังเลี้ยงปลาเก๋าที่บ้านหัวเขาแดง อ. สิงหนคร จ. สงขลา เนื่องจากบริเวณนี้มีความเค็มเท่ากับบริเวณที่รวบรวมหอยจากแหล่งน้ำธรรมชาติ คือ 28 ppt โดยเลี้ยงปรับสภาพเป็นระยะเวลามากกว่า 1 เดือน

ส่วนการปรับสภาพก่อนการทดลอง ได้นำหอยใส่ในกระชังขนาด 1.5×1.5×0.5 ม. บุด้วยอวนขนาดตา 1 นิ้ว มาปรับสภาพความเค็มและอุณหภูมิในบ่อพักน้ำของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย ต. พะวง อ. เมือง จ. สงขลา ซึ่งมีความเค็มใกล้เคียงกับน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ปรับสภาพอย่างน้อยเป็นระยะเวลา 7 วัน ก่อนการทดลอง

3. **อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ**

-ขวดพลาสติก (Polyethylene) ขนาด 500 มล. และ 1,000 มล.

-ลังโฟมสำหรับแช่ตัวอย่างน้ำ

4. **อุปกรณ์และเครื่องมือทดลองในโรงเพาะฟักกลางแจ้ง**

-ตู้กระจก ขนาด 30×60×30 ซม.

-ชั้นเหล็กวางตู้กระจกทดลอง

-เครื่องให้อากาศ

-ตะกร้าพลาสติกใส่หอย

5. อุปกรณ์และเครื่องมือทดลองในห้องปฏิบัติการ

-กระดาษกรองใยแก้ว (GF/C ; glass microfibre filter)

-ตู้อบแห้ง (Oven)

-เครื่องชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 2 และ 5 ตำแหน่ง)

-เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge, HERMLE Z400 ของเยอรมัน)

-สารเคมีที่จำเป็นในการทดลอง

-เครื่องแก้วที่จำเป็นในการทดลอง

6. อุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว

-ถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 65×160×40 ซม.

-เครื่องสูบน้ำ

-ตะกร้าพลาสติกใส่หอย

-หลอดไฟฟ้าฟลูออร์เรสเซนต์

-เครื่องชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

7. เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

-เครื่องวัดความเค็ม (Salinorefractometer, ATAGO S-28)

-เครื่องวัดความเป็นกรด–ด่างของน้ำ (pH meter, CyberScan 500)

-เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer)

-เครื่องวัดการดูดกลืนของแสง (Spectrophotometer, Visible 4051)

วิธีการ

1. การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาเมื่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว

การบำบัดน้ำทิ้งโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวในโรงเพาะฟักกลางแจ้ง มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยนำหอยตะโกรมกรามขาวมาปรับสภาพในบ่อพักน้ำ 7 วัน ก่อนทำการทดลอง ใช้หอยตะโกรมกรามขาว น้ำหนักตัวละ 25±5 ก. ขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ย 5.2 ซม. ใส่ตะกร้าพลาสติกนำไปแขวนในตู้กระจกขนาด 30×60×30 ซม. ที่บรรจุน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ตู้ละ 30 ล. โดยใช้ระบบน้ำนิ่งไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ แต่ให้อากาศตลอดเวลา จำนวน 8 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ใช้หอยตะโกรมกรามขาว (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตรา 10 ก./ล. เฉลี่ยซ้ำละ 11 ตัว
ชุดการทดลองที่ 3 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตรา 20 ก./ล. เฉลี่ยซ้ำละ 21 ตัว
ชุดการทดลองที่ 4 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตรา 30 ก./ล. เฉลี่ยซ้ำละ 32 ตัว
ชุดการทดลองที่ 5 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตรา 40 ก./ล. เฉลี่ยซ้ำละ 43 ตัว
ชุดการทดลองที่ 6 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตรา 50 ก./ล. เฉลี่ยซ้ำละ 55 ตัว
ชุดการทดลองที่ 7 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตรา 60 ก./ล. เฉลี่ยซ้ำละ 65 ตัว
ชุดการทดลองที่ 8 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตรา 70 ก./ล. เฉลี่ยซ้ำละ 77 ตัว

1.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจากตู้กระจกที่ระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 16 และ 20 วัน ในช่วงเวลา 08.00-09.00 น. เป็นประจำทุกวัน เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

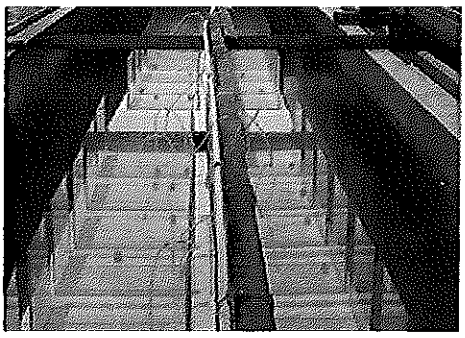
1.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์คุณภาพน้ำหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แอมโมเนียรวม ไนเตรท ไนไตรท์ ฟอสเฟต บีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของน้ำ ที่ระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 16 และ 20 วัน ตามวิธีการดังนี้

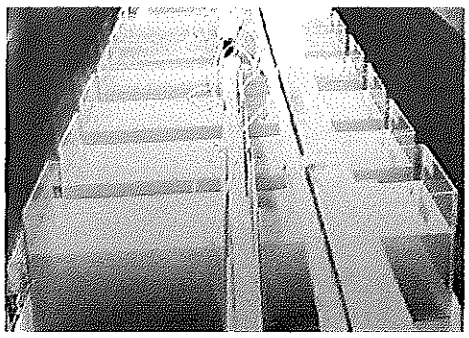
Central Library
Prince of Songkla Univ.

(ก) บ่อเลี้ยงกุ้ง

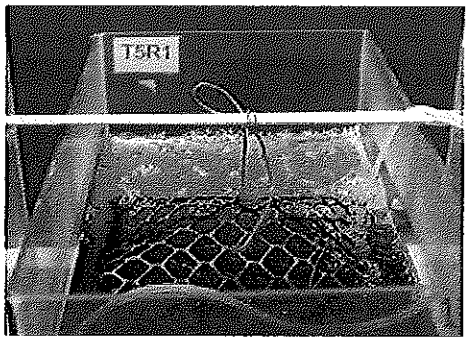
(ข) ประตูระบายน้ำออก



(ค) ตู้กระจกทดลอง



(ง) น้ำทิ้งที่ใส่ในตู้ทดลอง



(จ) การแขวนหอยในตู้ทดลอง

รูปที่ 1 การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา เมื่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว

วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แอมโมเนียรวม ไนเตรท ไนไตรท์ และฟอสเฟต ใช้วิธีของ Strickland และ Parsons (1972) วิเคราะห์หาค่าบีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดใช้วิธีของ APHA และคณะ (1995) วัดความเค็มโดยใช้ Salinorefractometer วัดความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter และวัดอุณหภูมิน้ำโดยใช้ Thermometer

1.4 อัตรารอดตาย

ตรวจสอบการตายของหอยตะโกรมกรามขาวโดยดูการปิด-เปิดของเปลือกหอยและใช้วิธีการยกตะกร้าพลาสติกที่บรรจุหอยตรวจดูเป็นประจำทุกๆ วัน หากหอยมีชีวิตจะแสดงการปิด-เปิดของฝาเมื่อยกตะกร้าพลาสติกขึ้นมาเหนือน้ำ ถ้าเปลือกฝาหอยเปิดตลอดเวลาแสดงว่าหอยตาย เมื่อพบว่าหอยตะโกรมกรามขาวตายก็ให้นำหอยขึ้นมา หากหอยตะโกรมกรามขาวในหน่วยการทดลองใดตาย 10% ให้หยุดการทดลองทั้งหมด สำหรับอัตรารอดตายคำนวณ ดังนี้

$$\text{อัตรารอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนหอยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนหอยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

2. การศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว จากการเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยสูบน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเข้าถังทดลอง ขนาด 65×160×40 ซม. จำนวน 12 ถังๆ ละ 200 ล. ส่วนหอยตะโกรมกรามขาวที่ใช้ในการทดลองนำมาปรับสภาพความเค็ม และอุณหภูมิในบ่อพักน้ำให้ใกล้เคียงกับน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งอย่างน้อย 7 วัน ก่อนนำไปทดลอง ใช้หอยที่ขนาดน้ำหนักแตกต่างกัน โดยนำปริมาณหอยที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ซึ่งศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาเมื่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว ที่สามารถลดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แอมโมเนีย ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และบีโอดี อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ และหอยไม่ตาย มาชั่งน้ำหนักใส่ตะกร้าพลาสติกที่ผูกติดกับโฟมเป็นทุ่นลอย แล้วนำไปลอยในถังทดลองซึ่งเป็นไฟเบอร์กลาสที่วางไว้ในห้องปฏิบัติการ ให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าฟลูออร์เรสเซนต์ กำลังไฟฟ้าหลอดละ 40 วัตต์ จำนวน 10 หลอด โดยให้แสงสว่าง 12 ชม./วัน และให้อากาศตลอดเวลา ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน จำนวน 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ใช้หอยตะโกรมกรามขาว (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวน้ำหนักเปียกเฉลี่ยตัวละ 25±5 ก. ความยาวเปลือกเฉลี่ย 5.3 ซม. เฉลี่ยซ้ำละ 238 ตัว

ชุดการทดลองที่ 3 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวน้ำหนักเปียกเฉลี่ยตัวละ 50±5 ก. ความยาวเปลือกเฉลี่ย 9.2 ซม. เฉลี่ยซ้ำละ 122 ตัว

ชุดการทดลองที่ 4 ใช้หอยตะโกรมกรามขาวน้ำหนักเปียกเฉลี่ยตัวละ 100±5 ก. ความยาวเปลือกเฉลี่ย 12.4 ซม. เฉลี่ยซ้ำละ 59 ตัว

2.2 การเปลี่ยนถ่ายน้ำ

เปลี่ยนถ่ายน้ำในถังทดลองทุก 4 วัน โดยนำน้ำที่สูบจากบ่อเลี้ยงกุ้งมาเปลี่ยนถ่ายน้ำช่วงเวลา 09.00-10.00 น. ปริมาณ 50% ของปริมาตรน้ำทั้งหมด

2.3 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจากถังที่เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละครั้ง โดยก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำเก็บตัวอย่างน้ำช่วงเวลา 08.00-09.00 น. และหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำเก็บตัวอย่างน้ำช่วงเวลา 10.00-11.00 น. เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ จนครบกำหนดระยะเวลาการทดลอง 60 วัน

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์คุณภาพน้ำที่เข้า-ออกจากถังทดลอง โดยวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แอมโมเนียรวม ไนเตรท ไนไตรท์ ฟอสเฟต ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด บีโอดี ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของน้ำ ตามวิธีการข้อ 1.3 โดยทำการวิเคราะห์ทุก 4 วัน

2.5 การวัดการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว

ชั่งน้ำหนักหอยตะโกรมกรามขาวที่ระยะเวลาการเลี้ยง 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 วัน โดยสุ่มมา 10% ของจำนวนหอยทั้งหมดในแต่ละถังทดลอง

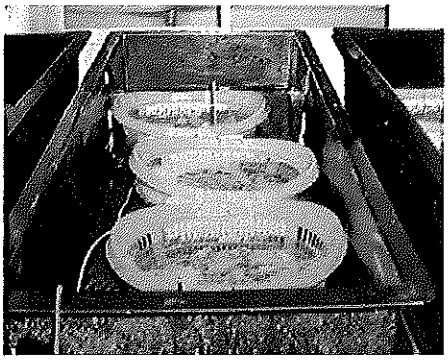
คำนวณอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (K) ตามสูตรของ Shpigel และคณะ (1993b) ดังนี้

$$K\ (\%\ \text{ต่อตัวต่อวัน}) = (\ln W_f - \ln W_i) \times 100/T$$

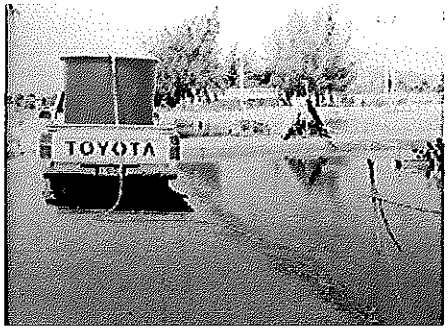
(ก) ถังไฟเบอร์กลาส

(ข) น้ำทิ้งที่บรรจุในถังทดลอง

(ค) หอยตะโกรมกรามขาว



(ง) การใส่หอยเลี้ยงในถังทดลอง



(จ) การขนย้ายน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

รูปที่ 2 การศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว จากการเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา

W_f = น้ำหนักเฉลี่ยของหอยที่สุ่มมา 10% (น้ำหนักเปียก) ตอนสุดท้ายของการทดลอง

W_i = น้ำหนักเฉลี่ยของหอยที่สุ่มมา 10% (น้ำหนักเปียก) ตอนเริ่มต้นของการทดลอง

T = ระยะเวลาทำการทดลอง

ดรรชนีการเจริญเติบโต (Condition Index; CI)

สุ่มหอยตะโกรมกรามขาวเมื่อเริ่มการทดลองและที่ระยะเวลาสิ้นสุดการทดลองมา 10% ของหอยทั้งหมดในแต่ละถังทดลอง โดยหอยแต่ละตัวทำการแยกเนื้อและเปลือกออกจากกัน นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 ^{0}ซ เป็นระยะเวลา 24 ชม. แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งดรรชนีการเจริญเติบโตคำนวณตามสูตรของ Shpigel และคณะ (1993b) ดังนี้

$CI = (W_m/W_s)\times 100$

W_m = น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของเนื้อหอย (ก.)

W_s = น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของเปลือกหอย (ก.)

2.6 อัตรารอดตาย

ตรวจสอบการตายและคำนวณอัตรารอดตาย ตามข้อ 1.4 เมื่อหอยตะโกรมกรามขาวตายก็ให้นำออกจากถังทดลองโดยไม่มีการทดแทน

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของตัวแปร โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแจกแจงทางเดียว (One-way Analysis of Variance; ANOVA) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปร โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (จรัญ, 2523) และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำต่างๆ ซึ่งการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดใช้คอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS V. 7.5 และ Excel' 97 ของบริษัท Microsoft Corporation Ltd.

บทที่ 3

ผล

1. การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาเมื่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว

1.1 คุณภาพน้ำที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว

จากการทดลองใช้หอยตะโกรมกรามขาวบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาขนาดน้ำหนัก 25±5 ก./ตัว ที่อัตราความหนาแน่น 8 ระดับ คือ ชุดควบคุม, 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 ก./ล. เมื่อพบว่าหน่วยการทดลองใดมีอัตราการตายของหอยถึง 10% ก็หยุดการทดลองทั้งหมด ได้ผลการทดลองดังนี้

1.1.1 คลอโรฟิลล์ เอ

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงจากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทุกระยะเวลาการทดลอง โดยตลอดระยะเวลาการทดลองเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.47-99.21% (ตารางที่ 3)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงน้อยที่สุด โดยชุดควบคุมลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 8.47% หรือลดลงจาก 365.42 มค.ก./ล. เหลือ 336.73 มค.ก./ล. และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 74.71% หรือลดลงจาก 353.95 มค.ก./ล. เหลือ 89.85 มค.ก./ล. (ตารางที่ 3 และตารางภาคผนวกที่ 1)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงมากที่สุด โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. ลดลงมากที่สุดถึง 99.21% หรือลดลงจาก 353.95 มค.ก./ล. เหลือ 2.80 มค.ก./ล. รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 ก./ล. ลดลง 99.16% หรือลดลงจาก 313.93 มค.ก./ล. เหลือ 2.57 มค.ก./ล. (ตารางที่ 3 และตารางภาคผนวกที่ 1)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการทดลองที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองถึง 6 วัน เป็นช่วงระยะเวลาที่ลดลงมากที่สุด ยกเว้นชุดควบคุมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และช่วงระยะเวลาการทดลอง 8-16 วัน ทุกชุดการทดลองมีค่า

ตารางที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	-8.47[a]	-17.95[a]	-56.27[a]	-82.75[a]	-95.44[b]	-98.73[b]	-99.02[b]
10	-14.56[a]	-36.11[abc]	-79.28[b]	-96.17[b]	-95.55[b]	-95.06[b]	-96.31[a]
20	-26.08[a]	-35.90[abc]	-78.76[b]	-94.79[b]	-90.43[a]	-89.34[a]	-98.49[b]
30	-23.57[a]	-28.21[ab]	-86.54[b]	-96.94[b]	-96.48[b]	-95.15[b]	-98.85[b]
40	-28.88[a]	-34.45[abc]	-80.66[b]	-98.52[b]	-97.06[b]	-95.87[b]	-99.08[b]
50	-46.59[ab]	-69.13[bc]	-93.31[b]	-99.02[b]	-97.54[b]	-97.22[b]	-98.44[b]
60	-26.30[a]	-75.76[c]	-92.50[b]	-98.74[b]	-98.44[b]	-97.72[b]	-99.16[b]
70	-74.71[b]	-79.49[c]	-94.42[b]	-98.62[b]	-96.83[b]	-98.92[b]	-99.21[b]

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงค่อนข้างคงที่ ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 20 ก./ล. มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระยะเวลาการทดลอง 8 และ 10 วัน เพิ่มขึ้นจากระยะเวลาการทดลอง 6 วัน (รูปที่ 3)

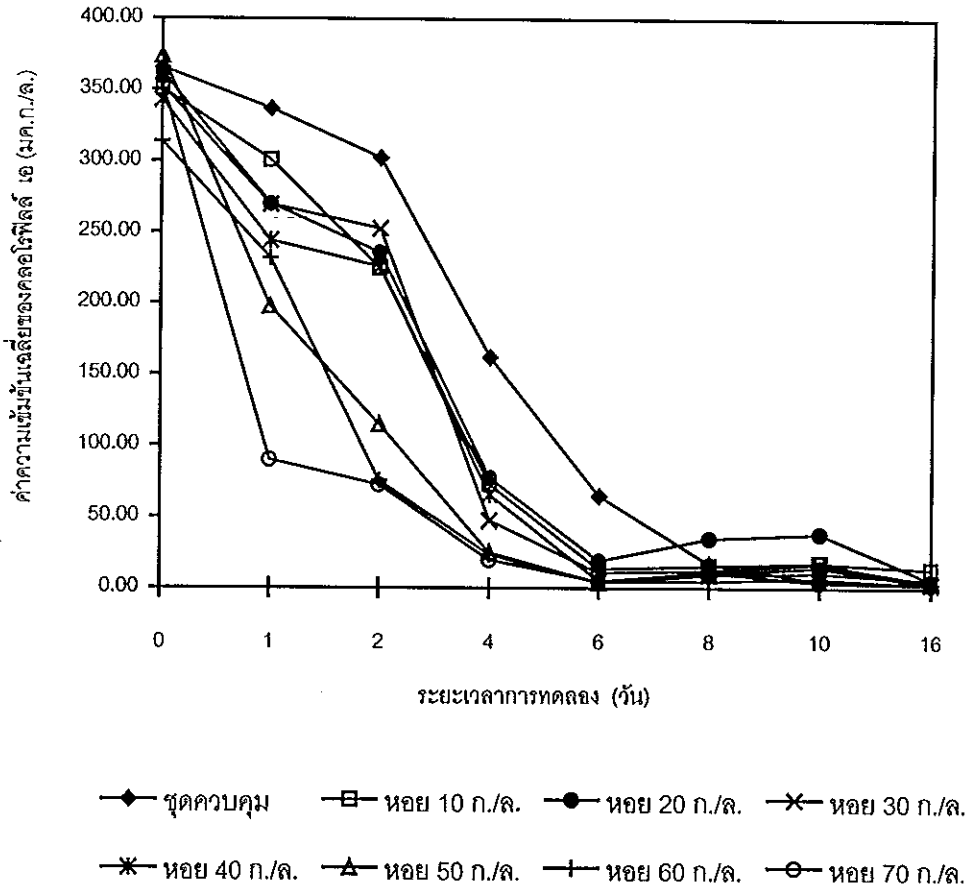
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของหอยกับคลอโรฟิลล์ เอ เป็นไปในลักษณะแปรกลับกัน โดยพบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และที่ระยะเวลาการทดลอง 1, 2, 4 และ 6 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ($r= -0.722$) รองลงมาคือระยะเวลาการทดลอง 2, 1, 6 และ 8 วัน มีค่า r เท่ากับ -0.685, -0.671, -0.556 และ - 0.469 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์ เอ กับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น พบว่าในช่วง 6 วันแรกปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และไนไตรท์ในลักษณะแปรกลับกัน และมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และบีโอดีในลักษณะแปรตาม ยกเว้นวันที่ 6 ไม่มีความสัมพันธ์กับไนเตรท (ตารางภาคผนวกที่ 12-15) และช่วงวันที่ 8 และ 10 มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรกลับกันกับไนเตรท และไนไตรท์ และแปรผันตามค่าบีโอดีอีกด้วย (ตารางภาคผนวกที่ 16-17)

1.1.2 แอมโมเนีย

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของแอมโมเนีย ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 1, 2 และ 4 วัน (ตารางที่ 4)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน เกือบทุกชุดการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลง โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 30 ก./ล. ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 78.83% หรือลดลงจาก 0.045 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.009 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 50 ก./ล. ลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 4.71% หรือลดลงจาก 0.039 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.037 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียเพิ่มขึ้น 12.39% หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.046 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เป็น 0.048 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. (ตารางที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 2)



รูปที่ 3 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ตารางที่ 4 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของแอมโมเนีย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	-49.50 ^{bcd}	-84.22 ^{b}	-91.37 ^{c}	-88.30 ^{a}	-81.26 ^{a}	-84.42 ^{a}	-86.75 ^{a}
10	-71.03 ^{d}	-60.22 ^{b}	-28.28 ^{bc}	-34.68 ^{a}	-42.90 ^{a}	-86.40 ^{a}	-43.48 ^{a}
20	-57.33 ^{cd}	-60.82 ^{b}	-5.05 ^{bc}	-13.44 ^{a}	+94.87 ^{a}	-70.78 ^{a}	-18.76 ^{a}
30	-78.83 ^{d}	-68.69 ^{b}	-15.56 ^{bc}	-0.93 ^{a}	+29.03 ^{a}	-75.10 ^{a}	-29.37 ^{a}
40	-48.11 ^{bcd}	-17.90 ^{ab}	+75.36 ^{abc}	+57.66 ^{a}	+52.99 ^{a}	-72.87 ^{a}	+49.88 ^{a}
50	-4.71 ^{ab}	+45.17 ^{ab}	+113.16 ^{ab}	+98.57 ^{a}	+44.73 ^{a}	-53.83 ^{a}	+83.20 ^{a}
60	-17.58 ^{abc}	+103.32 ^{a}	+104.49 ^{abc}	+129.90 ^{a}	+39.05 ^{a}	-77.03 ^{a}	-30.86 ^{a}
70	+12.39 ^{a}	+127.64 ^{a}	+212.02 ^{a}	+112.06 ^{a}	+69.34 ^{a}	-75.78 ^{a}	-9.24 ^{a}

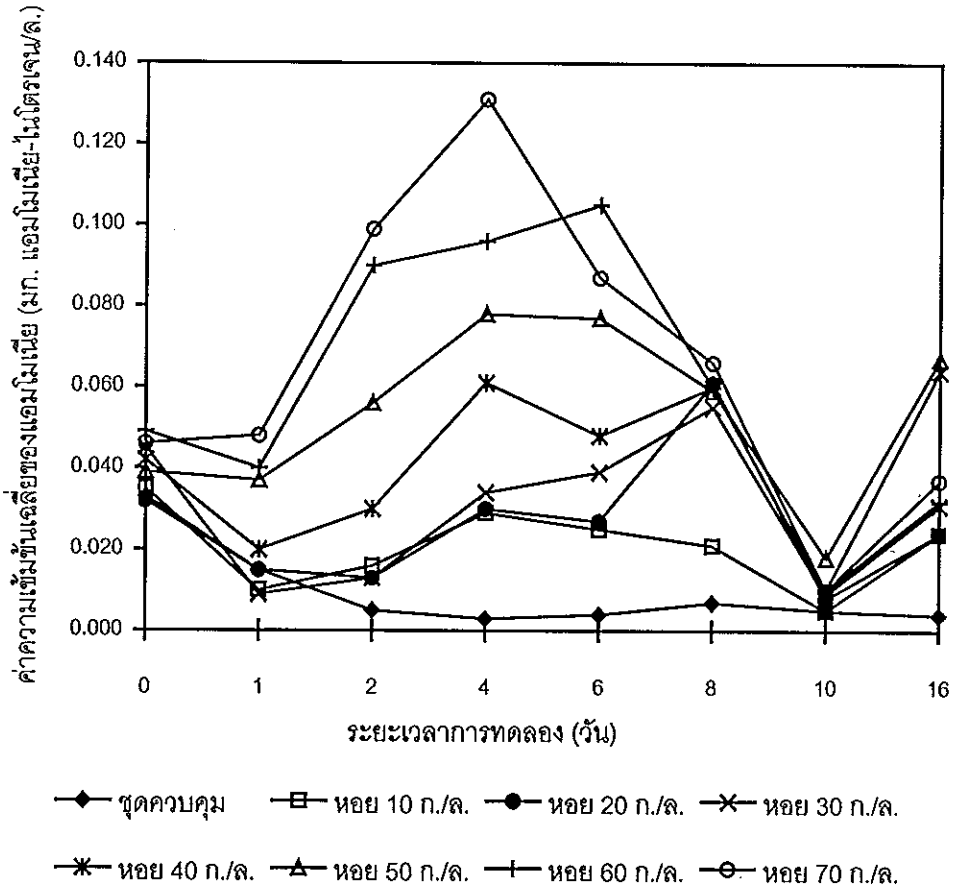
ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียในชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10, 20 และ 30 ก./ล. ลดลง โดยชุดควบคุมลดลงมากที่สุดเท่ากับ 91.37% หรือลดลงจาก 0.033 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.003 มก. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10, 20 และ 30 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลง 28.28, 5.05 และ 15.56% ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 40, 50, 60 และ 70 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเท่ากับ 75.36, 113.16, 104.49 และ 212.02% หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.042, 0.039, 0.049 และ 0.046 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เป็น 0.061, 0.078, 0.096 และ 0.131 มก. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 2)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน ทุกชุดการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงต่ำที่สุดอยู่ในช่วง 53.83-86.40% โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 50 ก./ล. ลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 53.83% หรือลดลงจาก 0.039 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.018 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงมากที่สุดเท่ากับ 86.40% หรือลดลงจาก 0.035 มก. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.005 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. (ตารางที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 2)

ความเข้มข้นของแอมโมเนียในช่วงระยะเวลาการทดลอง 1 วัน มีแนวโน้มลดลงทุกชุดการทดลอง ยกเว้นที่อัตราความหนาแน่น 70 ก./ล. และช่วงระยะเวลาการทดลอง 4-8 วัน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด แล้วลดลงต่ำสุดที่ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน หลังจากนั้นก็เพิ่มขึ้นอีก สำหรับชุดควบคุมหลังจากผ่านไป 2 วัน ความเข้มข้นของแอมโมเนียค่อนข้างคงที่และไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (รูปที่ 4)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของหอยกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตลอดระยะเวลาการทดลองเป็นไปในลักษณะแปรตาม และพบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 8 และ 16 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และที่ระยะเวลาการทดลอง 1, 2, 4 และ 6 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน มีค่าความสัมพันธ์กันมากที่สุด ($r=0.815$) รองลงมา คือระยะเวลาการทดลอง 1, 2, 6, 16 และ 8 วัน มีค่า r เท่ากับ 0.796, 0.768, 0.755, 0.484 และ 0.418 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 11)



รูปที่ 4 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนียกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น พบว่าในช่วง 6 วันแรกมีความสัมพันธ์กับไนเตรท ไนไตรท์ และฟอสเฟตในลักษณะแปรตาม และมีความสัมพันธ์กับคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และบีโอดีในลักษณะแปรกลับกัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 1 และ 4 วัน ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และบีโอดี ตามลำดับ และในวันที่ 4 มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างในลักษณะแปรตาม (ตารางภาคผนวกที่ 12-15) หลังจากนั้นจนถึงระยะเวลาการทดลอง 10 วัน มีความสัมพันธ์กับไนไตรท์และฟอสเฟตในลักษณะแปรตาม ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน ไม่มีความสัมพันธ์กับไนไตรท์ (ตารางภาคผนวกที่ 16-17)

1.1.3 ไนเตรท

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของไนเตรท ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทุกระยะเวลาการทดลอง ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรทในชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 30, 40, 50, 60 และ 70 ก./ล. เพิ่มขึ้นจากวันแรกทุกระยะเวลาการทดลอง โดยเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 131.39-64,443.89% (ตารางที่ 5)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 และ 2 วัน ชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10 และ 20 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรทลดลง โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรทลดลงมากที่สุดเท่ากับ 21.60% หรือลดลงจาก 0.0067 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.0054 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. (ตารางที่ 5 และตารางภาคผนวกที่ 3) รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10 และ 20 ก./ล. โดยลดลง 0.78 และ 0.38% ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่นมากกว่า 20 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรทเพิ่มขึ้น สำหรับที่ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 20 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรทลดลงมากที่สุด 36.57% หรือลดลงจาก 0.0070 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.0044 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. (ตารางที่ 5 และตารางภาคผนวกที่ 3) รองลงมาคือชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10 ก./ล. โดยลดลง 34.03 และ 18.48% ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรทลดลงจากเริ่มต้นการทดลองมากที่สุดเท่ากับ 35.46% หรือลดลงจาก 0.0067 มก.ไนเตรท-

ตารางที่ 5 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของไนเตรท ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	-21.60^{c}	-34.03^{c}	-35.46^{c}	+16.42^{c}	+48.76^{c}	+27.36^{c}	-38.30^{b}
10	-0.78^{bc}	-18.48^{c}	+383.75^{c}	+607.84^{c}	+1,585.17^{c}	-36.25^{c}	-52.89^{b}
20	-0.38^{bc}	-36.57^{c}	+108.73^{c}	+545.70^{c}	+2,569.98^{c}	+6,367.83^{bc}	+293.81^{b}
30	+131.39^{bc}	+202.73^{bc}	+1,508.32^{bc}	+3,584.16^{bc}	+25,274.47^{b}	+17,388.94^{bc}	+4,953.07^{b}
40	+180.20^{bc}	+646.72^{abc}	+2,601.10^{bc}	+3,457.89^{bc}	+21,900.85^{bc}	+20,930.01^{b}	+3,942.55^{b}
50	+346.20^{ab}	+1,299.93^{ab}	+4,768.08^{abc}	+8,450.08^{ab}	+34,514.13^{b}	+20,361.15^{b}	+4,980.71^{b}
60	+327.25^{abc}	+1,535.29^{a}	+5,414.40^{ab}	+7,039.66^{ab}	+58,616.78^{a}	+49,630.40^{a}	+39,036.26^{a}
70	+600.01^{a}	+1,855.90^{a}	+8,404.91^{a}	+9,676.90^{a}	+64,443.89^{a}	+59,090.42^{a}	+55,871.10^{a}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.0043 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยมีค่าความเข้มข้นของไนเตรทเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5 และตารางภาคผนวกที่ 3)

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรท ในช่วง 6 วันแรกของการทดลอง ชุดการทดลองที่ใช้หอยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทเพิ่มขึ้นไม่มากนัก และค่าค่อนข้างคงที่ในชุดควบคุม ในช่วงระยะเวลาการทดลอง 6-8 วัน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทในชุดการทดลองที่ใช้หอยเพิ่มขึ้นมาก โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 ก./ล. มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทมากที่สุด แต่เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทต่ำกว่าที่ความหนาแน่น 70 ก./ล. หลังจากการทดลองผ่านไป 8 วัน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทลดลง ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 20 ก./ล. มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 แต่ไม่สูงมากนัก แล้วมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับชุดการทดลองอื่นๆ ในวันที่ 16 (รูปที่ 5)

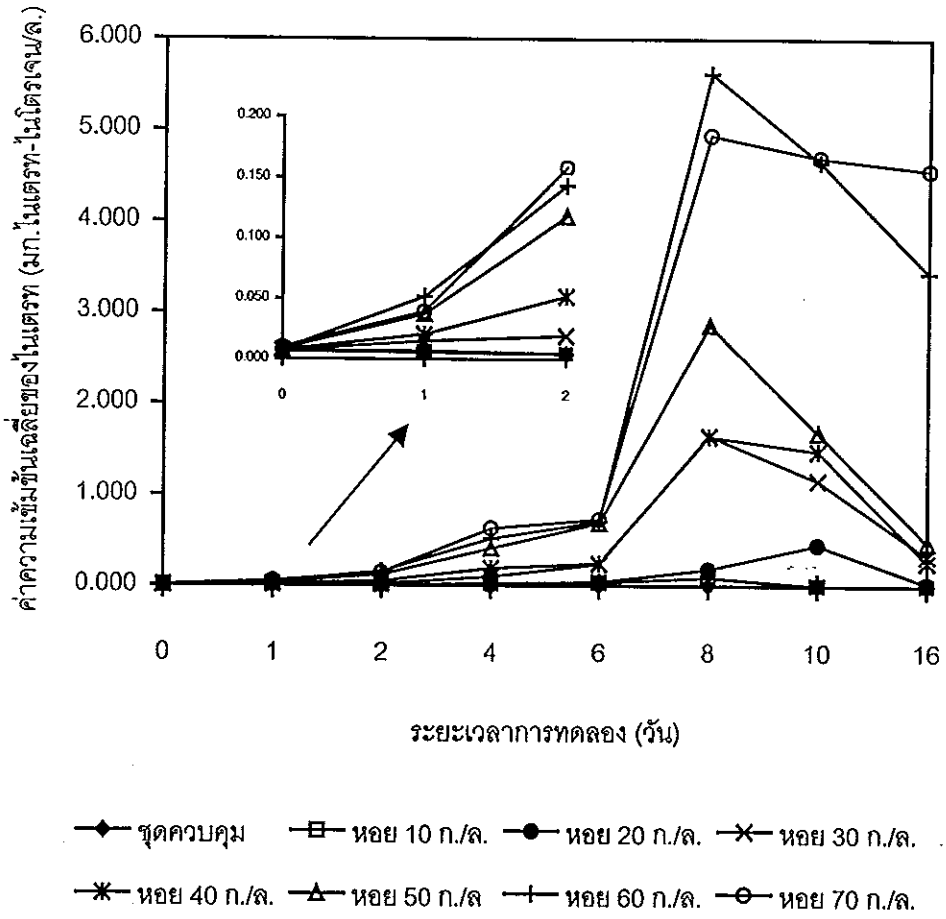
สำหรับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของหอยกับไนเตรท พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองความสัมพันธ์เป็นไปในลักษณะแปรตาม และมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ($r=0.896$) และที่ 16 วัน มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุด ($r=0.703$) (ตารางภาคผนวกที่ 11)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนเตรทกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น พบว่าในช่วง 6 วันแรก ปริมาณไนเตรทแปรตามกับปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ หลังจากนั้นก็แปรตามปริมาณฟอสเฟตอีกด้วย นอกจากนี้ปริมาณไนเตรทแปรกลับกันกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เกือบตลอดระยะเวลาการทดลอง ยกเว้นวันที่ 6 และ 16 และในช่วง 4 วันแรกก็แปรกลับกันกับปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และบีโอดีอีกด้วย (ตารางภาคผนวกที่ 12-18)

1.1.4 ไนไตรท์

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของไนไตรท์ ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตลอดระยะเวลาการทดลอง (ตารางที่ 6)

ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนไตรท์ลดลงมากที่สุด ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน โดยชุดควบคุมมีค่าลดลงมากที่สุด 37.60% จากวันเริ่มต้น หรือลดลงจาก 0.0013 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.0009 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10 และ 20 ก./ล. โดยลดลง 33.02 และ 24.87% หรือลดลงจาก 0.0020 มก.



รูปที่ 5 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรท ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ตารางที่ 6 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของไนไตรท์ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	-37.60^{c}	+16.94^{c}	+57.17^{b}	+55.99^{b}	+527.71^{d}	+536.98^{c}	+202.61^{d}
10	-33.02^{c}	+107.50^{c}	+912.50^{b}	+1,966.42^{b}	+3,552.25^{d}	+110.99^{c}	+243.46^{d}
20	-24.87^{c}	+128.52^{c}	+1,119.23^{b}	+3,888.36^{b}	+12,935.19^{d}	+1,158.08^{c}	+278.41^{d}
30	+104.89^{bc}	+597.11^{bc}	+3,247.45^{b}	+9,078.27^{b}	+16,769.43^{d}	+64,106.37^{bc}	+14,248.35^{cd}
40	+252.73^{bc}	+3,179.19^{bc}	+14,830.69^{b}	+51,877.95^{b}	+75,843.38^{cd}	+293,513.93^{bc}	+69,632.63^{cd}
50	+475.59^{bc}	+3,362.79^{bc}	+17,658.74^{b}	+55,738.02^{b}	+111,244.77^{bc}	+443,986.31^{b}	+196,250.99^{c}
60	+504.90^{b}	+4,750.49^{b}	+21,876.93^{b}	+59,020.31^{b}	+155,726.50^{b}	+509,457.92^{b}	+475,202.45^{b}
70	+982.38^{a}	+9,224.29^{a}	+54,841.43^{a}	+132,589.52^{a}	+356,903.81^{a}	+1,384,479.52^{a}	+1,696,525.71^{a}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.0012 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และจาก 0.0025 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.0014 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่นตั้งแต่ 30 ก./ล. ขึ้นไป มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนไตรท์เพิ่มขึ้น โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 982.38% หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.0009 มก. ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. เป็น 0.0096 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. (ตารางที่ 6 และตารางภาคผนวกที่ 4) หลังวันที่ 1 ไนไตรท์ในทุกชุดการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจากจุดเริ่มต้น โดยชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเกือบทุกระยะเวลา และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดทุกระยะเวลา (ตารางที่ 6)

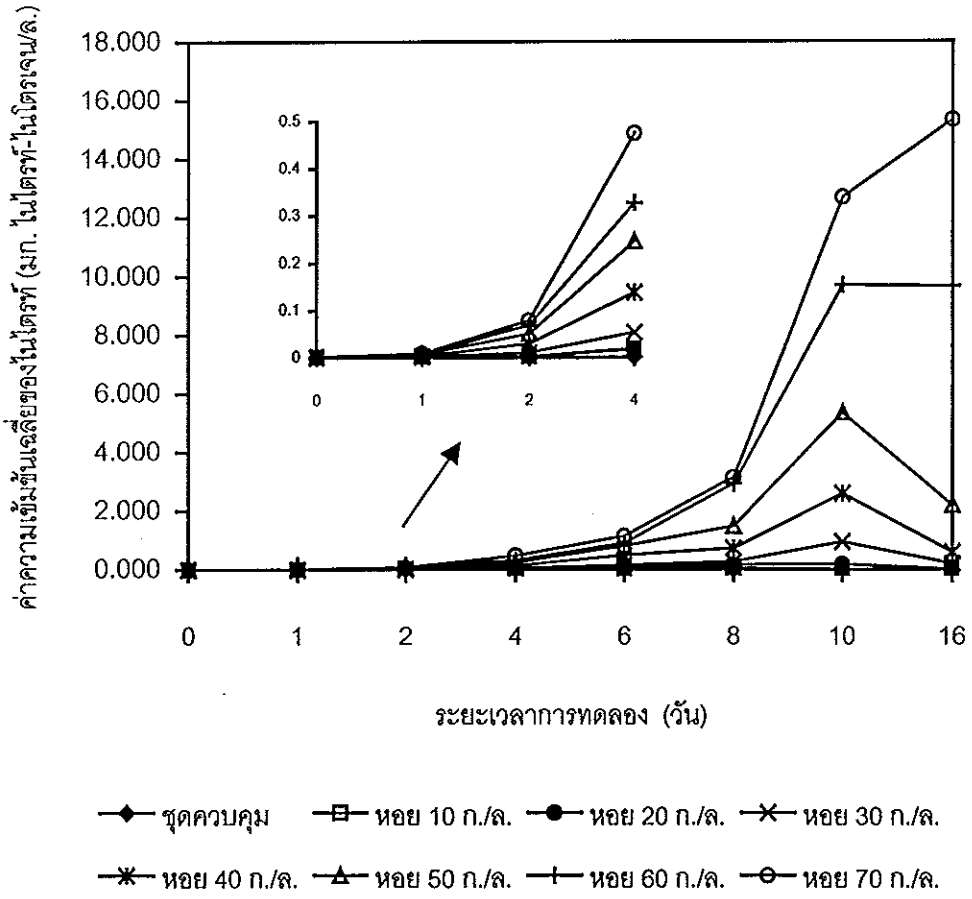
แนวโน้มค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าระยะเริ่มต้นการทดลองจนถึงระยะเวลาการทดลอง 2 วัน ทุกชุดการทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ต่ำและไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก หลังจากนั้นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทดลอง ในช่วงวันที่ 8-10 ทุกชุดการทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และหลังจากนั้นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์เพิ่มสูงสุด ส่วนชุดการทดลองอื่นมีค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ลดลง (รูปที่ 6)

สำหรับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของหอยกับไนไตรท์ตลอดระยะเวลาการทดลองเป็นไปในลักษณะแปรตาม และพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 6 วัน มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ($r=0.905$) รองลงมาคือระยะเวลาการทดลอง 2, 4, 8, 1, 10 และ 16 วัน มีค่า r เท่ากับ 0.882, 0.879, 0.869, 0.822, 0.813 และ 0.762 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนไตรท์กับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น พบว่าปริมาณไนไตรท์มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟตในลักษณะแปรตาม ส่วนความสัมพันธ์ของปริมาณไนไตรท์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด บีโอดี และความเป็นกรด-ด่างเป็นไปในลักษณะแปรกลับกัน (ตารางภาคผนวกที่ 12-18) ส่วนที่ระยะเวลาการทดลอง 4 และ 10 วัน มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างในลักษณะแปรตาม (ตารางภาคผนวกที่ 14 และ 17)

1.1.5 ฟอสเฟต

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของฟอสเฟตระหว่างชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน



รูปที่ 6 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสเฟตตลอดระยะเวลาการทดลองเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 39.58% (ในชุดควบคุม) ถึง 25,360.42% (ในชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล.) โดยที่ชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 7)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด โดยชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 39.58% หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.0016 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. เป็น 0.0022 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 244.79% หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.0021 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. เป็น 0.0061 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. (ตารางที่ 7 และตารางภาคผนวกที่ 5)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยที่ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 277.08% หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.0016 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. เป็น 0.0060 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 25,360.42% หรือเพิ่มขึ้นจาก 0.0021 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. เป็น 0.4356 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. (ตารางที่ 7 และตารางภาคผนวกที่ 5)

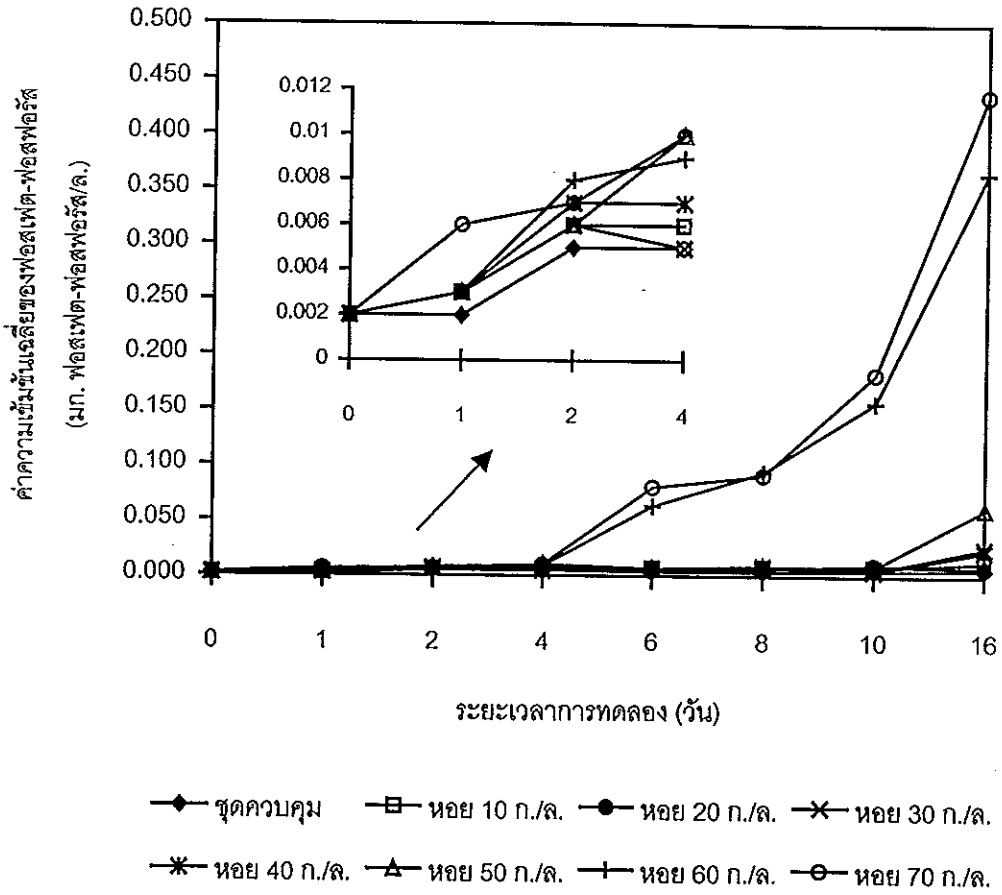
แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟต พบว่าตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึง 10 วัน ความเข้มข้นของฟอสเฟตค่อนข้างคงที่และเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 และ 70 ก./ล. มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตเพิ่มสูงขึ้นหลังระยะเวลาการทดลอง 4 วัน และช่วงระยะเวลาการทดลอง 10-16 วัน ทุกชุดการทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 และ 70 ก./ล. ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตเพิ่มสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ (รูปที่ 7)

สำหรับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของหอยกับปริมาณฟอสเฟตเป็นไปในลักษณะแปรตามเกือบตลอดระยะเวลาการทดลอง และพบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 6, 8, 10 และ 16 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน มีค่าความสัมพันธ์มากที่สุด (r=0.592) รองลงมาเป็นระยะเวลาการทดลอง 4, 8, 6 และ 10 วัน มีค่า r เท่ากับ 0.583, 0.543, 0.541 และ 0.541 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

ตารางที่ 7 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของฟอสเฟต ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	+39.58	+200.00	+193.75	+127.08	+156.25	+202.08	+277.08
10	+47.92	+213.54	+194.79	+175.00	+300.00	+352.08	+561.46
20	+71.88	+228.13	+162.50	+176.04	+252.08	+386.46	+325.00
30	+72.92	+293.75	+193.75	+354.17	+479.17	+218.75	+1,537.50
40	+72.92	+329.17	+327.08	+354.17	+381.25	+235.42	+1,347.92
50	+56.25	+228.13	+426.04	+209.38	+253.13	+185.42	+2,294.79
60	+106.25	+395.83	+491.67	+3,822.92	+5,800.00	+9,722.92	+22,714.58
70	+244.79	+261.46	+409.38	+4,420.83	+4,869.79	+10,481.25	+25,360.42

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)



รูปที่ 7 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟต ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างฟอสเฟตกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น พบว่ามีความสัมพันธ์กับคลอโรฟิลล์ เอ ในลักษณะแปรกลับกัน ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 และ 4 วัน (ตารางภาคผนวกที่ 12 และ14) และมีความสัมพันธ์กับแอมโมเนีย ไนเตรท และไนไตรท์ในลักษณะแปรตาม. โดยช่วง 10 วันแรกมีความสัมพันธ์กับแอมโมเนีย (ตารางภาคผนวกที่ 12-17) และหลังจาก 4 วันจนสิ้นสุดการทดลองมีความสัมพันธ์กับไนเตรทและไนไตรท์ ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 4 และ 6 วัน ไม่มีความสัมพันธ์กับไนเตรท (ตารางภาคผนวกที่ 14-18)

1.1.6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงจากเริ่มต้นการทดลองของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 2, 4 และ 6 วัน โดยตลอดระยะเวลาการทดลองเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.60-73.42% (ตารางที่ 8)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงมากที่สุดอยู่ในช่วง 55.68-73.42% โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 30 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงน้อยที่สุด เท่ากับ 55.68% หรือลดลงจาก 94.67 มก./ล. เหลือ 41.89 มก./ล. และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 40 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงมากที่สุด เท่ากับ 73.42% หรือลดลงจาก 94.67 มก./ล. เหลือ 25.00 มก./ล. (ตารางที่ 8 และตารางภาคผนวกที่ 6)

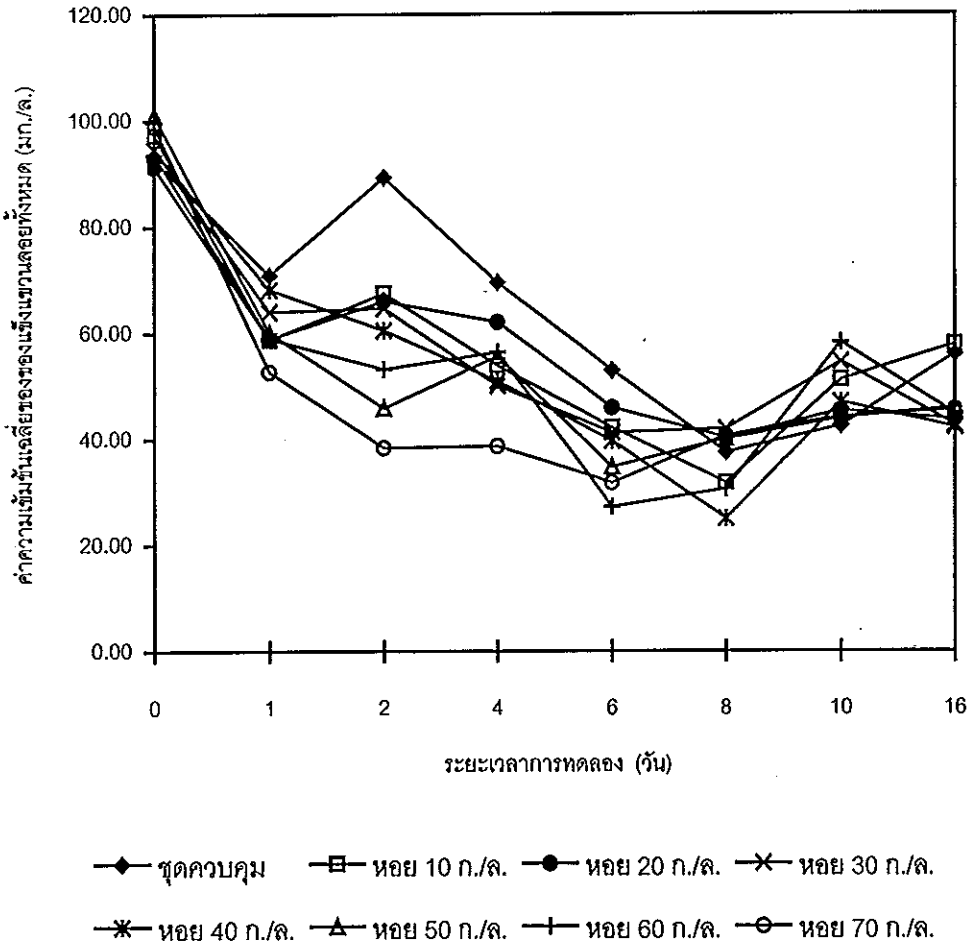
แนวโน้มค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากเริ่มต้นการทดลอง โดยช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองถึง 8 วัน ทุกชุดการทดลองมีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำลดลง โดยเฉพาะระยะเวลาการทดลอง 1, 2 และ 4 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. ลดลงมากกว่าชุดการทดลองอื่น หลังระยะเวลาการทดลอง 8 วัน ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น และลดลงอีกครั้งหลังระยะเวลาการทดลอง 10 วัน ยกเว้นชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10 ก./ล. มีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าชุดการทดลองอื่น (รูปที่ 8)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของหอยกับปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเป็นไปในลักษณะแปรกลับกัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน และพบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 2, 4 และ 6 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 8 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัด โดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	-21.87[a]	-2.60[a]	-24.52[a]	-43.20[a]	-59.31[a]	-54.05[a]	-39.60[a]
10	-38.92[a]	-30.51[b]	-44.80[bc]	-56.70[abc]	-67.01[a]	-46.86[a]	-40.81[a]
20	-36.00[a]	-27.95[b]	-31.94[ab]	-49.84[ab]	-56.07[a]	-50.28[a]	-52.43[a]
30	-32.48[a]	-31.69[bc]	-47.26[bc]	-56.48[abc]	-55.68[a]	-42.41[a]	-55.05[a]
40	-27.99[a]	-36.23[bc]	-46.09[bc]	-58.33[bc]	-73.42[a]	-50.52[a]	-55.44[a]
50	-40.38[a]	-54.49[cd]	-44.81[bc]	-65.52[c]	-60.26[a]	-56.11[a]	-54.62[a]
60	-36.98[a]	-43.15[bcd]	-39.54[ab]	-70.84[c]	-67.59[a]	-37.83[a]	-52.13[a]
70	-46.47[a]	-61.06[d]	-60.93[c]	-67.62[c]	-59.19[a]	-55.20[a]	-53.94[a]

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)



รูปที่ 8 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด (r=-0.785) รองลงมาคือที่ระยะเวลาการทดลอง 6 และ 4 วัน มีค่า r เท่ากับ –0.708 และ -0.571 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น พบว่ามีความสัมพันธ์กับคลอโรฟิลล์ เอ และบีโอดีในลักษณะแปรตาม และมีความสัมพันธ์กับแอมโมเนีย ไนเตรท และไนไตรท์ในลักษณะแปรกลับกันในช่วง 6 วันแรก (ตารางภาคผนวกที่ 12-18)

1.1.7 บีโอดี

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของบีโอดี ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 2, 4, 6 และ 8 วัน (ตารางที่ 9)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน ชุดการทดลองที่มีความหนาแน่นของหอยตั้งแต่ 50 ก./ล. ขึ้นไป มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงอยู่ในช่วง 15.37-26.13% (ตารางที่ 9) โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 15.37% หรือลดลงจาก 25.67 มก./ล. เหลือ 20.33 มก./ล. และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 50 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงมากที่สุดเท่ากับ 26.13% หรือลดลงจาก 21.33 มก./ล. เหลือ 15.67 มก./ล. (ตารางที่ 9 และตารางภาคผนวกที่ 7)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน ชุดการทดลองที่มีความหนาแน่นของหอยตั้งแต่ 40 ก./ล. ขึ้นไป มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงอยู่ในช่วง 13.11-74.08% (ตารางที่ 9) โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 40 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 13.11% หรือลดลงจาก 20.67 มก./ล. เหลือ 16.67 มก./ล. และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงมากที่สุดเท่ากับ 74.08% หรือลดลงจาก 25.67 มก./ล. เหลือ 6.67 มก./ล. (ตารางที่ 9 และตารางภาคผนวกที่ 7)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงอยู่ในช่วง 6.22-79.97% (ตารางที่ 9) โดยที่ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 6.22% หรือลดลงจาก 24.33 มก./ล. เหลือ 22.00 มก./ล. และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 30 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงมากที่สุดเท่ากับ 79.35% หรือลดลงจาก 18.67 มก./ล. เหลือ 3.83 มก./ล. (ตารางที่ 9 และตารางภาคผนวกที่ 7)

ตารางที่ 9 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเข้มข้นของบีโอดี ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	+41.43[a]	+41.48[a]	-6.22[a]	-21.05[a]	-46.08[a]	-86.49[a]	-68.08[a]
10	+35.42[a]	+23.36[ab]	-56.57[b]	-59.28[b]	-69.31[ab]	-71.99[a]	-59.46[a]
20	+17.73[a]	+11.55[abc]	-78.12[b]	-65.94[b]	-44.06[a]	-61.10[a]	-83.48[a]
30	+47.33[a]	+31.34[a]	-79.35[b]	-77.01[b]	-78.06[ab]	-63.68[a]	-81.21[a]
40	+10.40[a]	-13.11[abc]	-67.67[b]	-83.05[b]	-77.63[a]	-74.79[a]	-85.97[a]
50	-26.13[a]	-63.94[bc]	-54.81[b]	-84.02[b]	-68.67[ab]	-82.19[a]	-82.48[a]
60	-15.37[a]	-74.08[c]	-72.19[b]	-88.12[b]	-81.63[b]	-82.88[a]	-77.38[a]
70	-20.76[a]	-72.73[c]	-67.12[b]	-67.58[b]	-61.06[ab]	-79.85[a]	-79.24[a]

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 6 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงมากที่สุดอยู่ในช่วง 21.05-88.12% (ตารางที่ 9) โดยชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 21.05% หรือลดลงจาก 24.33 มก./ล. เหลือ 18.33 มก./ล. ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงมากที่สุดเท่ากับ 88.12% หรือลดลงจาก 25.67 มก./ล. เหลือ 2.67 มก./ล. (ตารางที่ 9 และตารางภาคผนวกที่ 7)

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดี ของชุดควบคุมมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นเกือบตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยเพิ่มสูงสุดในวันที่ 2 แล้วจึงลดลงเรื่อยๆ จนมีค่าต่ำสุดในวันที่ 10 แล้วกลับเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 16 ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าชุดควบคุม โดยในช่วงระยะเวลา 1-2 วัน มีค่าความเข้มข้นของบีโอดีเพิ่มสูงสุด ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่นตั้งแต่ 50 ก./ล. ขึ้นไป มีค่าลดลงในวันที่ 1-2 แล้วเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 ส่วนชุดการทดลองอื่นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 4 หลังจากนั้นค่าความเข้มข้นของบีโอดีเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (รูปที่ 9)

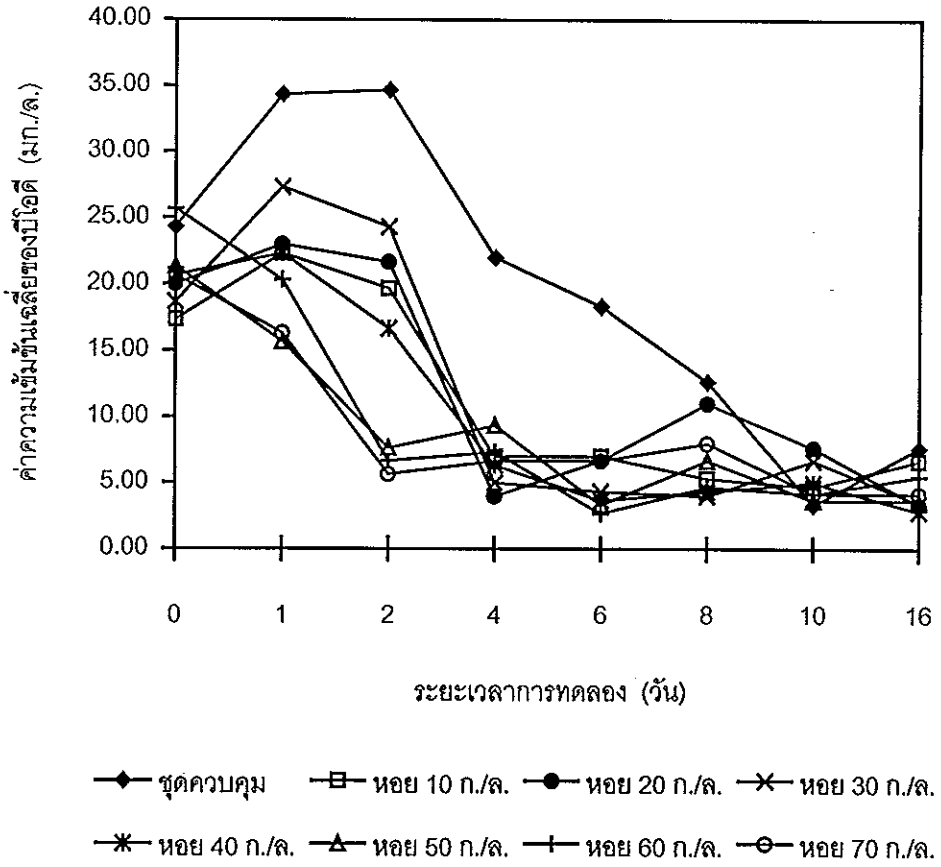
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของหอยกับบีโอดีเป็นไปในลักษณะแปรกลับกัน และพบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 1, 2 และ 6 วัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ($r= -0.748$) รองลงมาคือที่ระยะเวลาการทดลอง 1 และ 6 วัน มีค่า r เท่ากับ -0.637 และ -0.531 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างบีโอดีกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น พบว่ามีความสัมพันธ์กับคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในลักษณะแปรตาม และในช่วง 6 วันแรก มีความสัมพันธ์กับแอมโมเนีย ไนเตรท และไนไตรท์ในลักษณะแปรกลับกัน (ตารางภาคผนวกที่ 12-18)

1.1.8 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองของความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 และ 16 วัน (ตารางที่ 10)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตลอดระยะเวลาการทดลองอยู่ในช่วง 7.41-8.59 โดยค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ในช่วง 3.36-13.71% (ตารางที่ 10) ซึ่งพบในวันที่



รูปที่ 9 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดี ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ตารางที่ 10 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	+0.91[a]	-4.60[a]	-8.71[a]	-10.16[a]	-7.06[a]	-5.55[a]	-6.49[ab]
10	-6.16[b]	-8.19[a]	-9.32[a]	-10.50[a]	-8.18[a]	-7.60[a]	-8.22[abc]
20	-5.41[b]	-6.43[a]	-6.65[a]	-8.63[a]	-5.46[a]	-6.20[a]	-3.36[a]
30	-7.85[b]	-9.92[a]	-9.21[a]	-10.93[a]	-8.62[a]	-7.37[a]	-9.05[bcd]
40	-5.34[b]	-8.16[a]	-7.32[a]	-8.98[a]	-7.20[a]	-6.46[a]	-7.08[ab]
50	-8.16[b]	-10.51[a]	-8.03[a]	-9.09[a]	-7.68[a]	-6.66[a]	-9.90[bcd]
60	-8.64[b]	-10.33[a]	-8.54[a]	-9.91[a]	-8.96[a]	-8.39[a]	-12.65[cd]
70	-11.18[b]	-10.52[a]	-9.32[a]	-13.20[a]	-10.44[a]	-9.51[a]	-13.71[d]

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

16 ของการทดลอง ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน ชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.91% หรือเพิ่มขึ้นจาก 8.34 เป็น 8.41 นอกนั้นทุกชุดการทดลองมีความเป็นกรด-ด่างลดต่ำกว่าเริ่มต้นการทดลอง (ตารางที่ 10 และตารางภาคผนวกที่ 8)

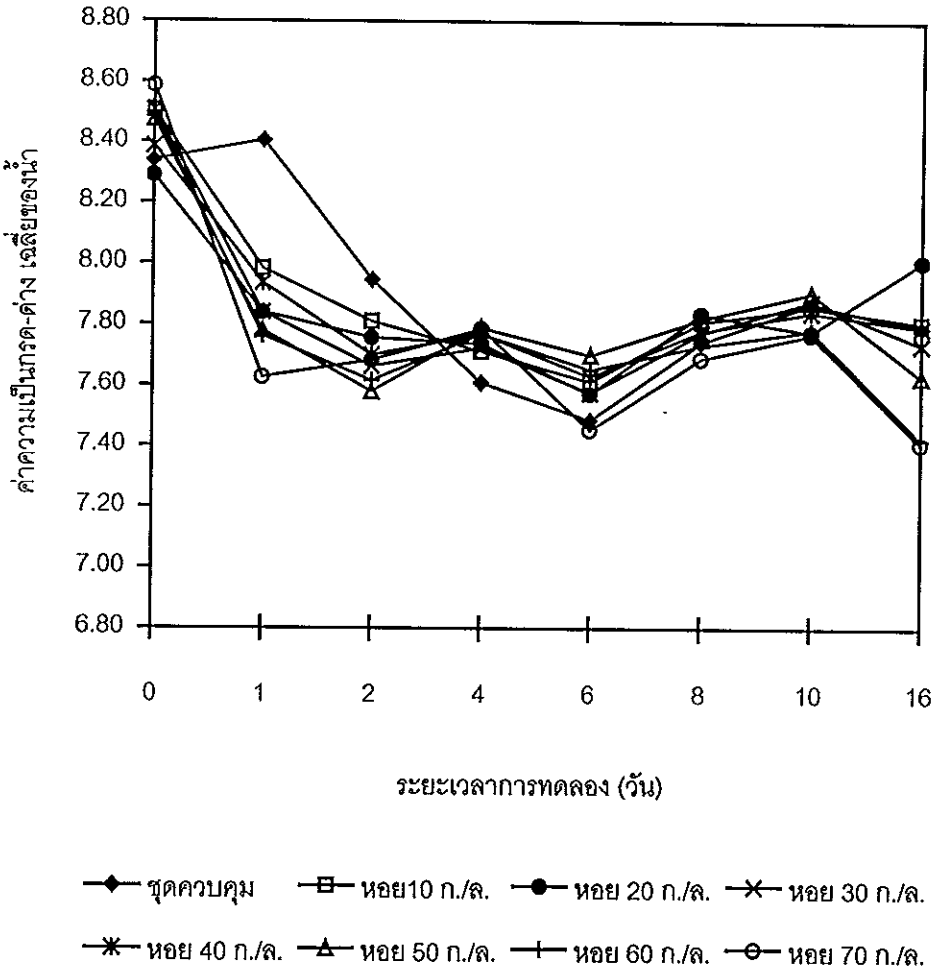
แนวโน้มค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 1 ยกเว้นชุดควบคุมที่มีค่าเพิ่มขึ้น และลดลงจนถึงวันที่ 2 ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างของชุดควบคุมลดลง ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 จนถึงวันที่ 6 ทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วลดลงอีกครั้งในวันที่ 16 ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 20 ก./ล. มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงในวันที่ 10 และเพิ่มขึ้นในวันที่ 16 (รูปที่ 10)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของหอยกับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ พบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 1, 2, 4 และ 16 วัน เป็นไปในลักษณะแปรกลับกัน และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ($r=-0.662$) รองลงมาคือระยะเวลาการทดลอง 16, 1 และ 2 วัน มีค่า r เท่ากับ –0.608, -0.595 และ -0.579 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างกับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น พบว่าในช่วง 2 วันแรกผันแปรตามคลอโรฟิลล์ เอ และบีโอดี (ตารางภาคผนวกที่ 12 และ13) จนถึงวันที่ 4 มีความสัมพันธ์กับแอมโมเนีย ไนเตรท และไนไตรท์ในลักษณะแปรตาม และแปรกลับกันกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และบีโอดี (ตารางภาคผนวกที่ 14) ส่วนวันที่ 16 มีความผันแปรกลับกันกับไนเตรท ไนไตรท์ และฟอสเฟต (ตารางภาคผนวกที่ 18)

1.1.9 ความเค็ม

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองของความเค็มของน้ำ ระหว่างชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 11) สำหรับเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเค็มของน้ำตลอดระยะเวลาการทดลองเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 14.29-57.14% (ตารางที่ 11) โดยในช่วง 2 วันแรกค่าความเค็มเฉลี่ยของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงอยู่ที่ 14 ppt (ตารางภาคผนวกที่ 9) ส่วนที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 6, 8, 10 และ 16 วัน ค่าความเค็มเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 14.29, 14.29, 21.43, 42.86 และ 57.14% หรือเพิ่มขึ้นจาก 14 ppt เป็น 16, 16, 17, 20 และ 22 ppt ตามลำดับ (ตารางที่ 11 และตารางภาคผนวกที่ 9)



รูปที่ 10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ตารางที่ 11 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น (+) จากเริ่มต้นการทดลองของความเค็ม ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	0	0	+14.29	+14.29	+21.43	+42.86	+57.14
10	0	0	+14.29	+14.29	+21.43	+42.86	+57.14
20	0	0	+14.29	+14.29	+21.43	+42.86	+57.14
30	0	0	+14.29	+14.29	+21.43	+42.86	+57.14
40	0	0	+14.29	+14.29	+21.43	+42.86	+57.14
50	0	0	+14.29	+14.29	+21.43	+42.86	+57.14
60	0	0	+14.29	+14.29	+21.43	+42.86	+57.14
70	0	0	+14.29	+14.29	+21.43	+42.86	+57.14

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P>0.05$)

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเค็มทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการทดลองถึง 2 วัน ความเค็มของน้ำคงที่ หลังจากนั้นจึงค่อยๆ เพิ่มขึ้น และระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ความเค็มของน้ำมีค่ามากที่สุด (รูปที่ 11) สำหรับความเค็มของน้ำไม่มีสหสัมพันธ์กับตัวแปรคุณภาพน้ำอื่น เนื่องจากทุกชุดการทดลองมีค่าความเค็มเปลี่ยนแปลงเท่ากันตลอดระยะเวลาการทดลอง

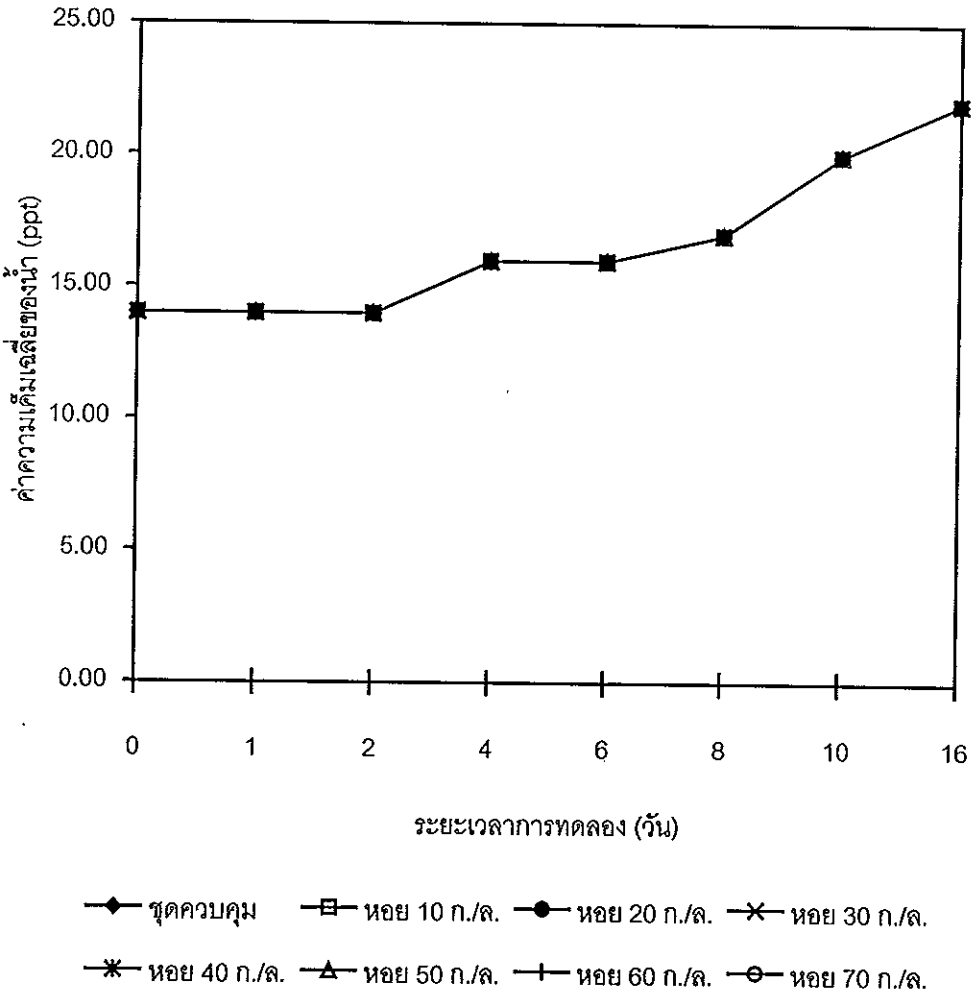
1.1.10 อุณหภูมิน้ำ

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงจากเริ่มต้นการทดลองของอุณหภูมิน้ำระหว่างชุดการทดลอง พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 12) โดยค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยอุณหภูมิน้ำตลอดระยะเวลาการทดลองลดลงอยู่ในช่วง 5.26-11.35% และค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.63-32.40 ^{0}ซ ซึ่งที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยอุณหภูมิน้ำลดลงน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 5.26-7.42% โดยที่ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10 ก./ล. มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยอุณหภูมิน้ำลดลงน้อยที่สุด 5.26% หรือลดลงจาก 32.30 ^{0}ซ เหลือ 30.60 ^{0}ซ และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 ก./ล. ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยอุณหภูมิน้ำลดลงมากที่สุดเท่ากับ 7.42% หรือลดลงจาก 32.30 ^{0}ซ เหลือ 29.90 ^{0}ซ (ตารางที่ 12 และตารางภาคผนวกที่ 10)

ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน อุณหภูมิน้ำลดลงมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.91-11.35% (ตารางที่ 12) โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 20 ก./ล. มีค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยลดลงน้อยที่สุด เท่ากับ 9.91% หรือลดลงจาก 32.30 ^{0}ซ เหลือ 29.10 ^{0}ซ และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10 ก./ล. มีค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยลดลงมากที่สุดเท่ากับ 11.35% หรือลดลงจาก 32.30 ^{0}ซ เหลือ 28.63 ^{0}ซ (ตารางที่ 12 และตารางภาคผนวกที่ 10)

สำหรับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำ พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางเดียวกัน ซึ่งในช่วง 4 วันแรกค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยลดลง โดยเฉพาะที่ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน อุณหภูมิน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว หลังวันที่ 4 ทุกชุดการทดลองมีอุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 8 หลังจากนั้นอุณหภูมิน้ำเปลี่ยนแปลงลดลงและเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (รูปที่ 12)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับความหนาแน่นของหอย พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ 11) แต่มีความสัมพันธ์กับแอมโมเนียในลักษณะแปรกลับกันในวันที่ 10 (ตารางภาคผนวกที่ 17)

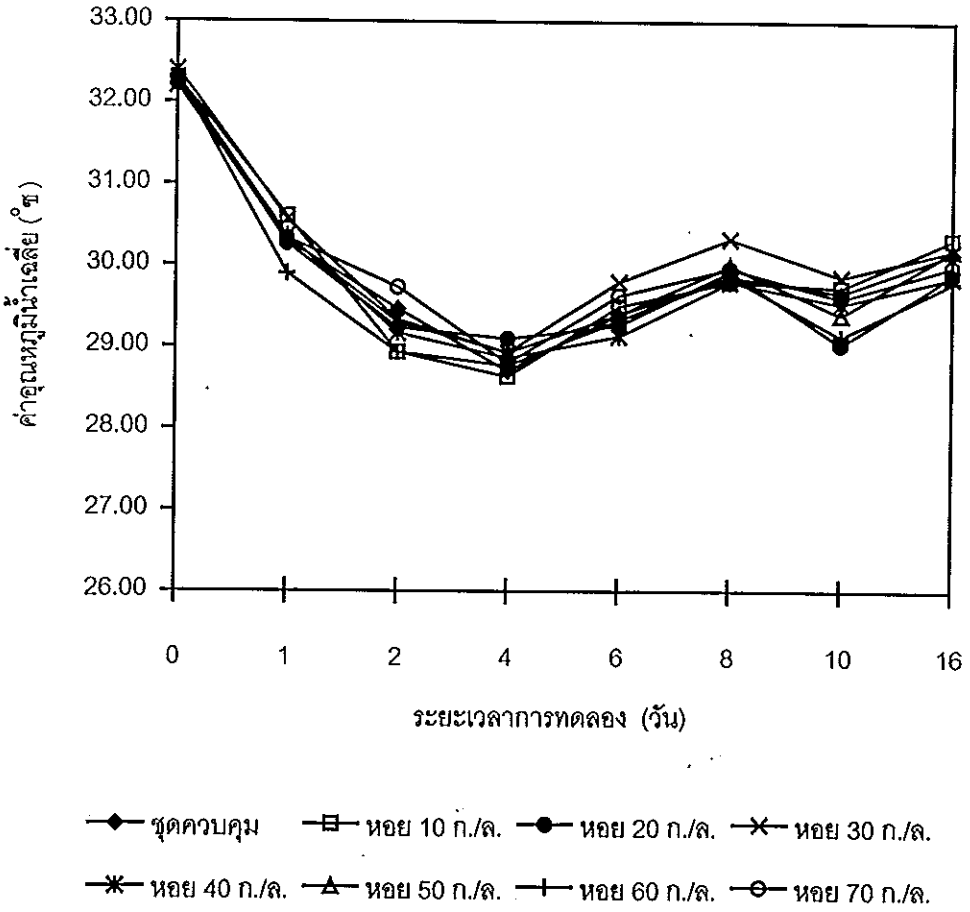


รูปที่ 11 ค่าความเค็มเฉลี่ย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ตารางที่ 12 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) จากเริ่มต้นการทดลองของของอุณหภูมิ ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

ความหนาแน่น	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
หอย (ก./ล.)	1	2	4	6	8	10	16
0	-5.90	-8.49	-10.87	-8.70	-7.24	-7.87	-6.31
10	-5.26	-10.42	-11.35	-8.66	-7.74	-7.94	-6.09
20	-6.29	-9.49	-9.91	-9.39	-7.32	-10.11	-7.95
30	-5.66	-9.47	-10.70	-8.02	-6.38	-7.81	-6.79
40	-5.70	-9.42	-10.35	-9.53	-7.45	-8.28	-7.25
50	-6.09	-9.29	-10.43	-8.97	-7.12	-8.98	-6.50
60	-7.42	-10.42	-10.94	-9.18	-7.53	-9.79	-7.73
70	-6.09	-10.01	-10.84	-8.25	-7.22	-8.35	-7.12

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P>0.05$)



รูปที่ 12 ค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่บำบัดโดยใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

1.2 อัตราการตายของหอยตะโกรมกรามขาว

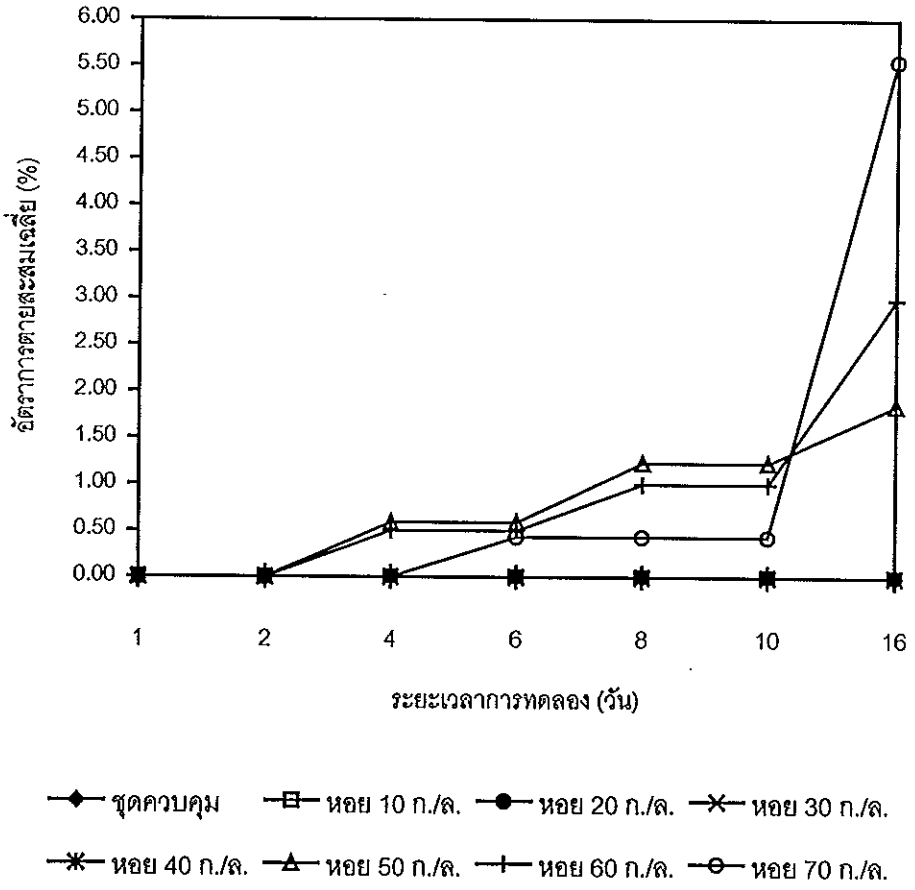
จากการทดลองปรากฏว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน มีอัตราการตายเฉลี่ยสะสมของหอยอยู่ในช่วง 0-5.56% โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10, 20, 30 และ 40 ก./ล. ไม่มีหอยตาย ส่วนชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีอัตราการตายเฉลี่ยสะสมมากที่สุดเท่ากับ 5.56% (อยู่ในช่วง 0-15.38%) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 และ 50 ก./ล. มีอัตราการตายเฉลี่ยสะสม 2.99 และ 1.85% ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 19)

อัตราการตายของหอยตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าหลังระยะเวลาการทดลอง 2 วัน เริ่มมีหอยตาย โดยเฉพาะที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 50 และ 60 ก./ล. มีอัตราการตายสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ช่วงระยะเวลาการทดลอง 6-10 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 50, 60 และ 70 ก./ล. มีอัตราการตายเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 50 ก./ล. มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าการทดลองอื่น ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่นต่ำกว่า 50 ก./ล. ไม่พบหอยตาย หลังระยะเวลาการทดลอง 10 วัน อัตราการตายเฉลี่ยของหอยเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีอัตราการตายเฉลี่ยมากที่สุด (รูปที่ 13)

2. การศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว จากการเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา

2.1 คุณภาพน้ำที่เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว

จากการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้หอยขนาดน้ำหนักตัวละ 25 ก. ผลปรากฏว่าหอยหนัก 30 ก./ล. ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน เป็นอัตราและระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการใช้บำบัด เพราะว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลง 86.54% (ลดลงจาก 352.39 มค.ก./ล. เหลือ 47.35 มค.ก./ล.) แอมโมเนียลดลง 15.56% (ลดลงจาก 0.045 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เหลือ 0.034 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล.) ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลง 47.26% (ลดลงจาก 94.67 มก./ล. เหลือ 50.00 มก./ล.) และบีโอดี ลดลง 79.35% (ลดลงจาก 18.67 มก./ล. เหลือ 3.83 มก./ล.) โดยที่หอยไม่ตาย ซึ่งคุณภาพน้ำเหล่านี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ หากใช้หอยอัตราน้ำหนักเกิน 30 ก./ล. โดยเฉพาะที่อัตราน้ำหนัก 40 ก./ล. และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 4 วัน ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลง 80.66% (ลดลงจาก 342.66 มค.ก./ล. เหลือ 65.62 มค.ก./ล.) ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลง 46.09% (ลดลงจาก 94.67 มก./ล. เหลือ 50.83 มก./ล.) บีโอดี ลดลง 67.67% (ลดลงจาก 20.67 มก./ล. เหลือ 6.33 มก./ล.) แต่แอมโมเนียเพิ่มขึ้น 75.36% (เพิ่มขึ้นจาก 0.042 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. เป็น 0.061 มก.



รูปที่ 13 อัตราการตายของหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล.) ด้วยเหตุนี้จึงนำหอยน้ำหนัก 30 ก./น้ำ 1 ล. มาเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอยขนาดน้ำหนักตัวละ 25, 50 และ 100 ก. เป็นระยะเวลาการทดลอง 60 วัน มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำทั้งหมด ทุกๆ 4 วัน มีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่าย ได้ผลการทดลองดังนี้

2.1.1 คลอโรฟิลล์ เอ

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 8, 16, 20, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56 และ 60 วัน โดยที่ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงน้อยกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอย ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 16 และ 20 วัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ระหว่างหอยทั้ง 3 ขนาด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 13)

ชุดควบคุม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 14.50 มค.ก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 78.28 มค.ก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.82 มค.ก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 24.69 มค.ก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 20) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงอยู่ในช่วง 35.96% (4 วัน)-97.33% (40 วัน) ที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่ออกจากถังทดลองลดลงมากถึง 81.18% หลังจากนั้นความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่ออกจากถังทดลองในแต่ละช่วงลดลงโดยไม่แตกต่างกันมาก (ตารางที่ 13)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.96 มค.ก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 64.30 มค.ก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.01 มค.ก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.07 มค.ก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 20) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงอยู่ในช่วง 93.68% (20 วัน)-99.87% (48 วัน) (ตารางที่ 13)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.06 มค.ก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 59.57 มค.ก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.09 มค.ก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.32

ตารางที่ 13 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	35.96^{b}	81.18^{b}	94.93^{a}	97.29^{a}	96.92^{a}	94.20^{a}	88.78^{b}	87.09^{b}	89.95^{b}	97.33^{b}	85.16^{b}	93.07^{b}	95.37^{a}	88.86^{b}	93.47^{b}
หอย 25 ก./ตัว	95.36^{a}	93.71^{a}	95.56^{a}	94.68^{ab}	93.68^{b}	94.59^{a}	95.56^{a}	97.66^{a}	97.15^{a}	99.65^{a}	98.99^{a}	99.87^{a}	95.83^{a}	97.38^{a}	99.80^{a}
หอย 50 ก./ตัว	96.50^{a}	94.10^{a}	95.90^{a}	91.23^{c}	94.48^{b}	94.39^{a}	96.43^{a}	97.43^{a}	98.24^{a}	99.09^{a}	98.60^{a}	98.97^{a}	98.98^{a}	96.78^{a}	99.57^{a}
หอย 100 ก./ตัว	93.81^{a}	95.02^{a}	96.13^{a}	92.45^{bc}	94.60^{b}	94.38^{a}	95.66^{a}	97.32^{a}	98.41^{a}	98.95^{a}	99.26^{a}	100.00^{a}	98.90^{a}	98.60^{a}	99.48^{a}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ตารางที่ 14 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	17.07^{a}	82.41^{a}	82.88^{a}	77.38^{a}	78.02^{a}	93.69^{a}	69.23^{a}	83.91^{a}	63.36^{b}	67.55^{a}	89.24^{a}	86.29^{a}	93.01^{a}	76.49^{a}	92.59^{a}
หอย 25 ก./ตัว	13.04^{a}	92.02^{a}	77.24^{a}	66.85^{a}	73.27^{a}	89.84^{a}	67.70^{a}	58.37^{b}	75.96^{a}	54.08^{a}	97.60^{a}	93.68^{a}	94.23^{a}	74.75^{a}	88.80^{b}
หอย 50 ก./ตัว	12.50^{a}	90.69^{a}	70.15^{a}	72.08^{a}	68.77^{a}	89.76^{a}	73.14^{a}	69.04^{ab}	75.29^{a}	57.60^{a}	97.03^{a}	93.52^{a}	94.82^{a}	70.00^{a}	93.00^{a}
หอย 100 ก./ตัว	11.00^{a}	95.12^{a}	56.75^{a}	79.11^{a}	78.29^{a}	88.24^{a}	77.38^{a}	76.94^{a}	82.18^{a}	58.92^{a}	96.90^{a}	93.21^{a}	93.26^{a}	66.80^{a}	91.71^{a}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

มค.ก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 20) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงอยู่ในช่วง 91.23% (16 วัน)-99.57% (60 วัน) (ตารางที่ 13)

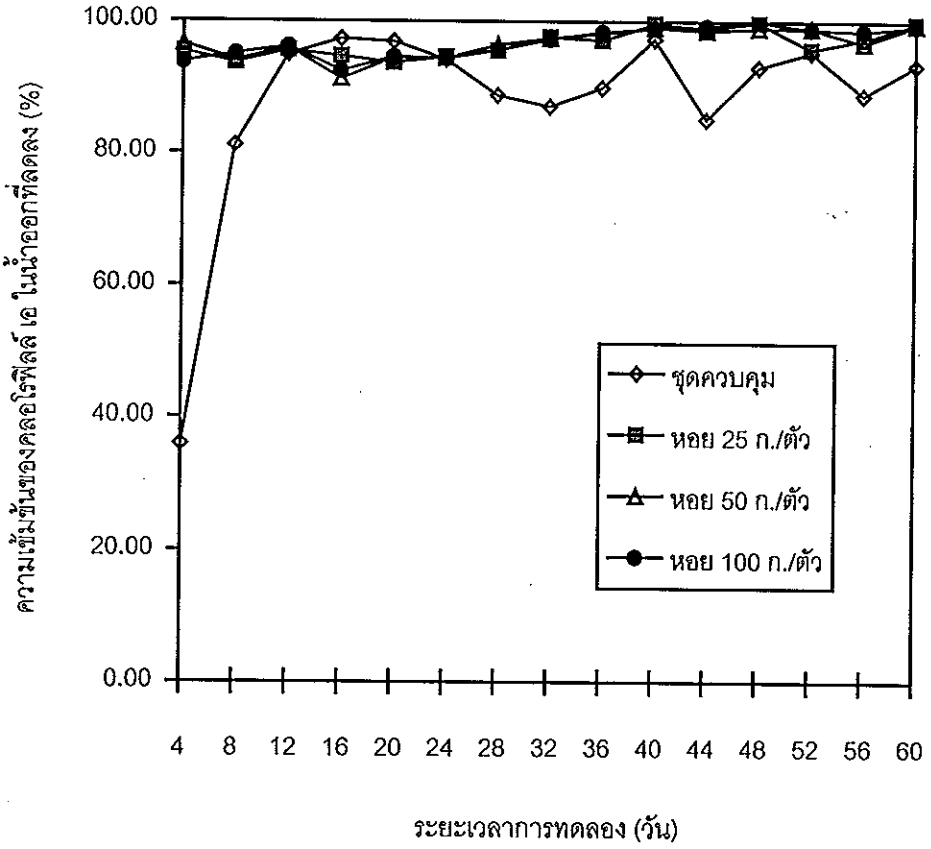
ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.77 มค.ก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 58.80 มค.ก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.00 มค.ก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.02 มค.ก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 20) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงอยู่ในช่วง 92.45% (16 วัน)-100% (48 วัน) (ตารางที่ 13)

เปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำออก ส่วนใหญ่ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำออกน้อยกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอย ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 16 และ 20 วัน โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำออกน้อยกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยอย่างชัดเจน สำหรับชุดการทดลองที่ใช้หอยขนาด 25, 50 และ 100 ก./ตัว มีค่าเปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำออกใกล้เคียงกันเกือบตลอดระยะเวลาการทดลอง (รูปที่ 14)

2.1.2 แอมโมเนีย

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 32, 36 และ 60 วัน โดยที่ชุดควบคุมมีค่าลดลงมากที่สุด ที่ระยะเวลาการทดลอง 32 วัน และลดลงน้อยที่สุดที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน ส่วนที่ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว มีค่าลดลงน้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ระหว่างหอยทั้ง 3 ขนาด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 32 และ 60 วัน (ตารางที่ 14)

ชุดควบคุม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.018 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.135 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.002 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.112 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 21)



รูปที่ 14 เปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงอยู่ในช่วง 17.07% (4 วัน)-93.69% (24 วัน) (ตารางที่ 14)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.016 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.134 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.002 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.116 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 21) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงอยู่ในช่วง 13.04% (4 วัน)-97.60% (44 วัน) (ตารางที่ 14)

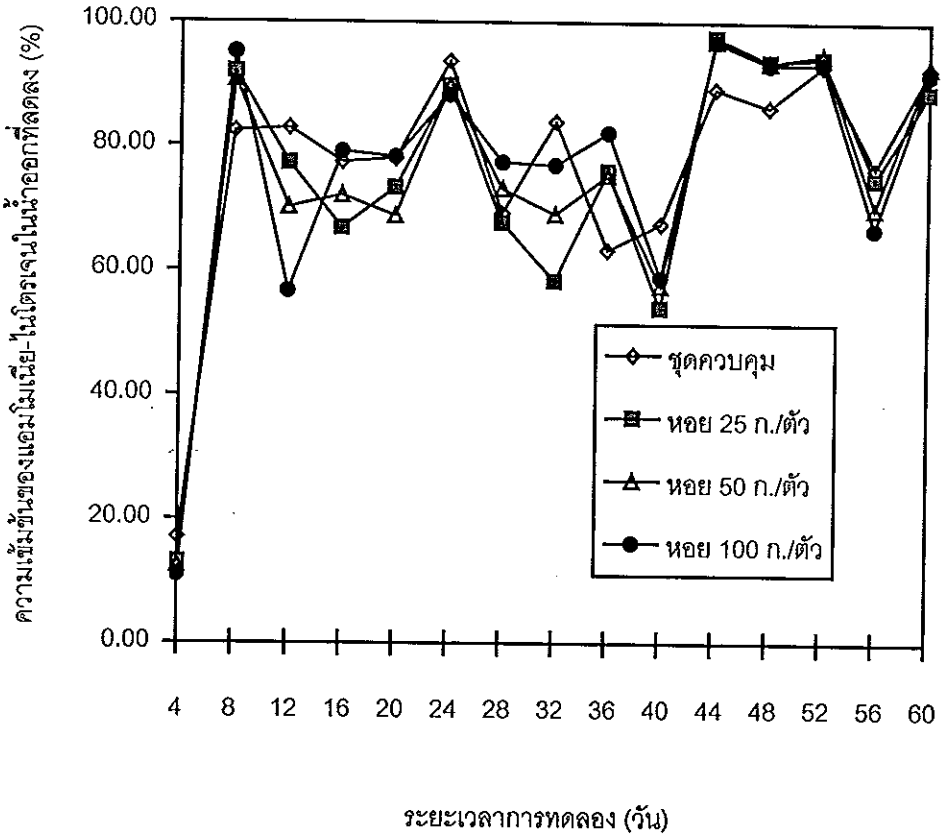
ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.015 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.126 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.002 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.110 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 21) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงอยู่ในช่วง 12.50% (4 วัน)-97.03% (44 วัน) (ตารางที่ 14)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.015 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.133 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.003 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.118 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 21) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงอยู่ในช่วง 11% (4 วัน)-96.90% (44 วัน) (ตารางที่ 14)

เปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำที่ออกจากถังทดลองลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยในวันที่ 4 ทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยที่สุด แต่หลังจากนั้นมีค่าลดลงเพิ่มมากขึ้น จนถึงวันที่ 8 เปอร์เซ็นต์ลดลงเพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลอง หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์ลดลงจะค่อยๆ ลดลง แล้วเพิ่มขึ้นเป็นระยะๆ โดยเพิ่มขึ้นชัดเจนในวันที่ 24, 44 และ 60 สำหรับในวันที่ 44 เปอร์เซ็นต์ลดลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดในชุดการทดลองที่ใช้หอย (รูปที่ 15)

2.1.3 ไนเตรท

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง



รูปที่ 15 เปอร์เซ็นต์ลดลงของความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

สถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 8, 16, 20, 24, 32, 44 และ 56 วัน โดยที่ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำออกเพิ่มขึ้นน้อยกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอย ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 16, 20 และ 44 วัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของไนเตรทระหว่างหอยทั้ง 3 ขนาด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 8 และ 56 วัน (ตารางที่ 15)

ชุดควบคุม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.073 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.421 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.245 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.961 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 22) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 14.45% (56 วัน)-588.15% (4 วัน) ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน ค่าความเข้มข้นของไนเตรทลดลง 25.19% (ตารางที่ 15)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.049 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.235 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.891 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุด เท่ากับ 9.162 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 22) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 24.52% (56 วัน)-3,811.35% (4 วัน) (ตารางที่ 15)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.064 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.499 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.241 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.433 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 22) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 23.40% (56 วัน)-2,005.04% (4 วัน) (ตารางที่ 15)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.047 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.133 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.831 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 9.314 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 22) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรทเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 38.64% (60 วัน)-1,661.44% (4 วัน) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	+588.15^{a}	-25.19^{a}	+181.06^{a}	+546.71^{b}	+128.79^{b}	+89.08^{a}	+103.42^{a}	+26.00^{a}	+35.80^{a}	+69.53^{a}	+196.05^{b}	+152.56^{a}	+112.53^{a}	+14.45^{a}	+49.41^{a}
หอย 25 ก./ตัว	+3,811.35^{c}	+287.06^{ab}	+229.08^{a}	+158.87^{a}	+96.41^{a}	+90.22^{a}	+115.70^{a}	+49.71^{b}	+52.93^{a}	+64.68^{a}	+136.42^{a}	+80.23^{a}	+72.67^{a}	+24.52^{a}	+50.22^{a}
หอย 50 ก./ตัว	+2,005.04^{b}	+142.34^{a}	+284.70^{a}	+181.10^{a}	+98.52^{a}	+92.94^{a}	+124.94^{a}	+50.65^{b}	+73.82^{a}	+74.49^{a}	+150.67^{a}	+97.63^{a}	+102.31^{a}	+23.40^{a}	+66.02^{a}
หอย 100 ก./ตัว	+1,661.44^{ab}	+609.98^{b}	+286.34^{a}	+183.88^{a}	+94.60^{a}	+83.18^{a}	+120.69^{a}	+58.37^{b}	+52.86^{a}	+58.85^{a}	+138.54^{a}	+114.99^{a}	+67.67^{a}	+48.72^{b}	+38.64^{a}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ตารางที่ 16 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	+672.63^{a}	+620.49^{a}	+94.58^{c}	-80.18^{a}	-87.91^{a}	+84.46^{a}	+80.68^{a}	+112.08^{c}	+56.13^{b}	-66.48^{a}	+76.91^{b}	+17.14^{b}	-65.44^{b}	-14.38^{b}	-72.63^{a}
หอย 25 ก./ตัว	+1,844.85^{b}	+850.59^{a}	+23.43^{a}	-69.82^{b}	-49.25^{b}	-48.17^{a}	-29.32^{a}	-62.21^{a}	-28.94^{a}	-18.91^{bc}	-85.58^{a}	-80.43^{a}	-78.57^{a}	-63.52^{a}	-64.75^{a}
หอย 50 ก./ตัว	+1,654.49^{b}	+808.99^{a}	+19.73^{a}	-65.49^{b}	-31.88^{c}	-43.06^{a}	-46.94^{a}	-67.50^{a}	-57.48^{a}	-39.73^{b}	-89.10^{a}	-89.92^{a}	-82.78^{a}	-77.36^{a}	-81.86^{a}
หอย 100 ก./ตัว	+1,590.08^{b}	+1,142.21^{a}	+53.92^{b}	-66.33^{b}	-63.95^{b}	-33.84^{a}	-46.75^{a}	-38.43^{b}	-57.09^{a}	-4.90^{c}	-83.47^{a}	-83.73^{a}	-76.96^{ab}	-61.66^{a}	-77.84^{a}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

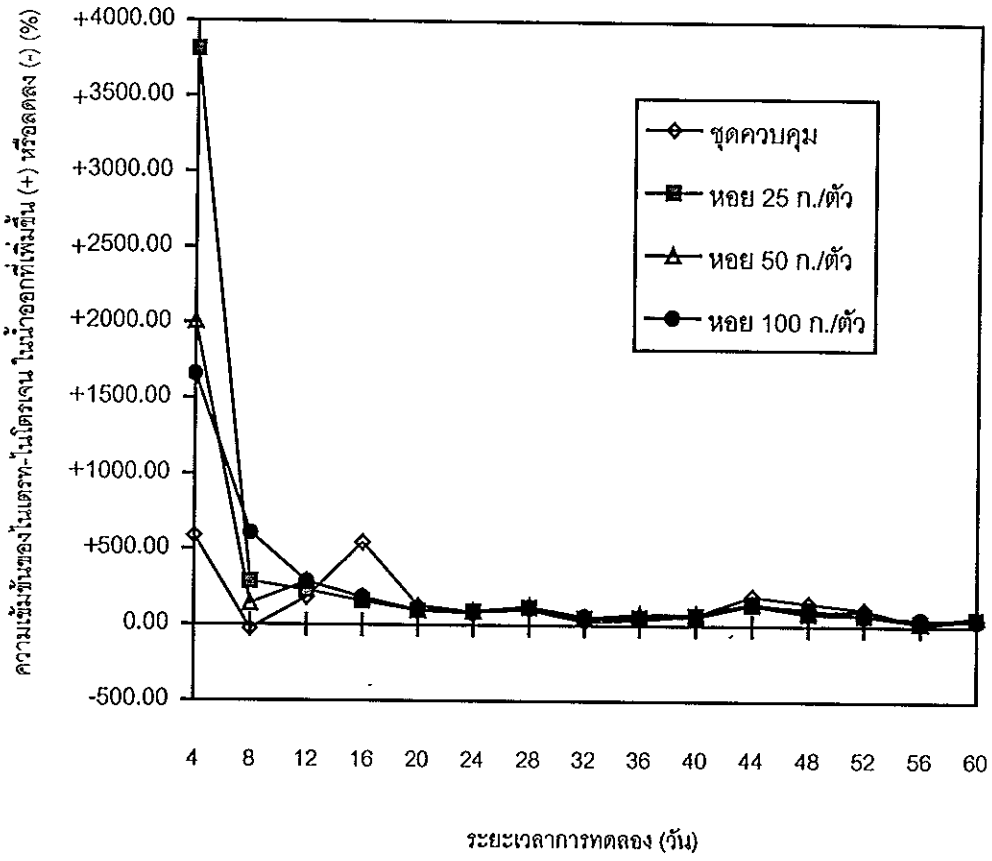
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทระหว่างน้ำเข้า-ออกในระยะเวลาการทดลอง 4 วัน เพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลอง โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ใช้หอยขนาด 25 ก./ตัว มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด และชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด แต่หลังระยะเวลาทำการทดลอง 4 วัน ค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทระหว่างน้ำเข้า-ออกเพิ่มขึ้นน้อยเกือบทุกชุดการทดลอง จนถึงที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของไนเตรทระหว่างน้ำเข้า-ออกเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองอื่น หลังจากนั้นค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทระหว่างน้ำเข้า-ออกทุกชุดการทดลองเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (รูปที่ 16)

2.1.4 ไนไตรท์

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของไนไตรท์ในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 12, 16, 20, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52 และ 56 วัน โดยที่ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลงของไนไตรท์ในน้ำที่ออกจากถังทดลองมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยที่ระยะเวลาการทดลอง 16, 52 และ 56 วัน แล้วมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยที่ระยะเวลาการทดลอง 12, 28, 32, 36, 44 และ 48 วัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของไนไตรท์ระหว่างหอยทั้ง 3 ขนาด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 12, 20, 32 และ 40 วัน (ตารางที่ 16)

ชุดควบคุม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.045 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.417 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.017 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.806 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 23) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ลดลงอยู่ในช่วง 14.38% (56 วัน)-87.91% (20 วัน) และมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 17.14% (48 วัน)-672.63% (4 วัน) (ตารางที่ 16)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.045 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.759 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.018 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.515 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 23) โดย



รูปที่ 16 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

น้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ลดลงอยู่ในช่วง 18.91% (40 วัน)-85.58% (44 วัน) และมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 23.43% (12 วัน)-1,844.85% (4 วัน) (ตารางที่ 16)

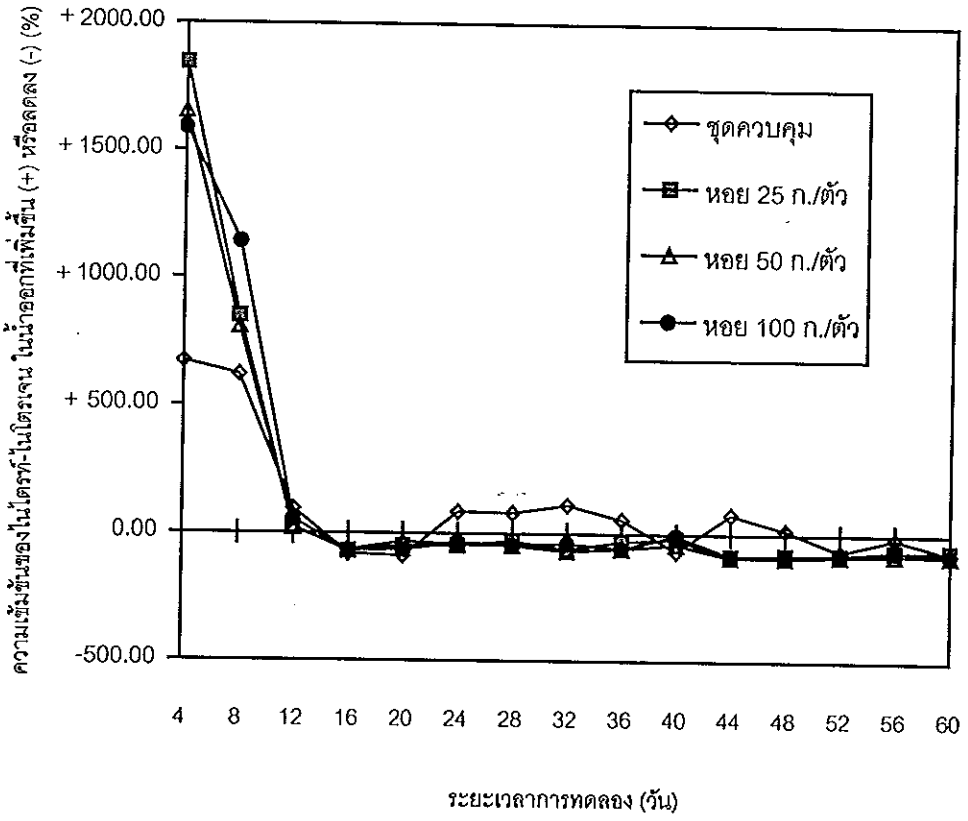
ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.049 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.078 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.009 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.013 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 23) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ลดลงอยู่ในช่วง 31.88% (20 วัน)-89.92% (48 วัน) และมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 19.73% (12 วัน)-1,654.49% (4 วัน) (ตารางที่ 16)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.047 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.324 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.011 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.428 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 23) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์ลดลงอยู่ในช่วง 4.90% (40 วัน)-83.73% (48 วัน) และมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 53.92% (12 วัน)-1,590.08% (4 วัน) (ตารางที่ 16)

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์ ระหว่างน้ำเข้า-ออก ในระยะเวลาการทดลอง 12 วันแรกเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์ระหว่างน้ำเข้า-ออกทุกชุดการทดลองลดลงไม่แตกต่างกันมาก ยกเว้นชุดควบคุมที่ระยะเวลาทำการทดลอง 24, 28, 32, 36, 44 และ 48 วัน มีค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำออกมากกว่าน้ำเข้า (รูปที่ 17)

2.1.5 ฟอสเฟต

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นฟอสเฟตในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 8,16, 24, 32, 36, 40, 48 และ 52 วัน โดยที่ชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอย ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 16 และ 24 วัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นของฟอสเฟตระหว่างหอยทั้ง 3 ขนาด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 และ 16 วัน (ตารางที่ 17)



รูปที่ 17 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจน ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ตารางที่ 17 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของฟอสเฟต ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	41.44^{ab}	163.69^{a}	369.17^{a}	611.15^{b}	304.63^{a}	132.11^{b}	65.75^{a}	44.25^{a}	21.14^{a}	48.31^{a}	70.35^{a}	31.22^{a}	45.38^{a}	49.56^{a}	63.61^{a}
หอย 25 ก./ตัว	61.99^{b}	308.40^{b}	315.91^{a}	335.28^{a}	158.34^{a}	93.83^{a}	83.11^{a}	61.66^{b}	58.27^{b}	82.58^{b}	85.42^{a}	52.52^{b}	75.95^{b}	44.93^{a}	70.82^{a}
หอย 50 ก./ตัว	27.78^{a}	326.74^{b}	372.28^{a}	719.20^{b}	185.75^{a}	97.69^{a}	76.35^{a}	56.08^{ab}	56.51^{b}	82.29^{b}	83.70^{a}	55.88^{b}	68.60^{b}	41.97^{a}	77.70^{a}
หอย 100 ก./ตัว	90.50^{c}	224.78^{ab}	365.72^{a}	308.76^{a}	156.79^{a}	98.68^{a}	78.02^{a}	69.66^{b}	55.92^{b}	75.81^{b}	78.93^{a}	61.58^{b}	71.57^{b}	36.37^{a}	69.02^{a}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ตารางที่ 18 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	-50.59^{a}	-9.42^{a}	-8.87^{a}	-17.30^{a}	-29.10^{a}	-23.07^{a}	16.71^{a}	-11.66^{a}	-9.38^{a}	-25.28^{a}	-41.59^{a}	-10.51^{a}	-26.81^{a}	-3.70^{a}	-23.91^{a}
หอย 25 ก./ตัว	-56.03^{a}	+2.08^{a}	-32.44^{a}	-26.16^{a}	-25.27^{a}	-32.86^{a}	+7.84^{a}	-17.58^{a}	+16.18^{a}	-24.79^{a}	-40.00^{a}	-26.07^{a}	-31.64^{a}	-1.66^{a}	-12.01^{a}
หอย 50 ก./ตัว	-62.14^{a}	-6.25^{a}	-33.22^{a}	-29.90^{a}	-28.78^{a}	-37.55^{a}	-7.05^{a}	-27.96^{a}	+11.29^{a}	-25.85^{a}	-49.75^{a}	-19.59^{a}	-0.21^{b}	+12.50^{a}	-27.84^{a}
หอย 100 ก./ตัว	-59.04^{a}	-28.46^{a}	-31.94^{a}	-29.62^{a}	-20.78^{a}	-19.42^{a}	-8.99^{a}	-2.67^{a}	+34.35^{a}	-16.61^{a}	-30.64^{a}	-16.94^{a}	-0.55^{b}	-9.18^{a}	-23.09^{a}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

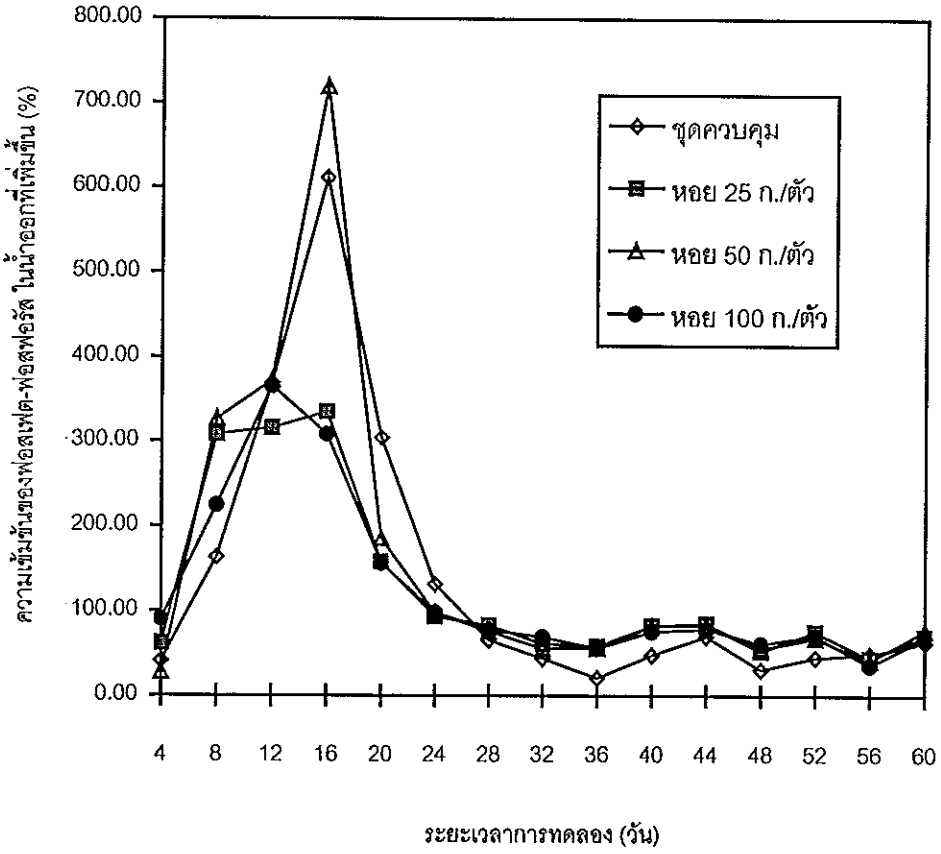
ชุดควบคุม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.022 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.149 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.112 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.246 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 24) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยฟอสเฟตเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 21.14% (36 วัน)-611.15% (16 วัน) (ตารางที่ 17)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.080 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.293 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.169 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.519 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 24) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยฟอสเฟตเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 44.93% (56 วัน)-335.28% (16 วัน) (ตารางที่ 17)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.041 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.243 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.141 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.415 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 24) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยฟอสเฟตเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 27.78% (4 วัน)-719.20% (16 วัน) (ตารางที่ 17)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.074 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.304 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.200 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.517 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 24) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 36.37% (56 วัน)-365.72% (12 วัน) (ตารางที่ 17)

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของฟอสเฟตระหว่างน้ำเข้า-ออกจากถังทดลองทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะเวลาการทดลอง 16 วัน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นมากที่สุดในชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว แล้วจึงเพิ่มขึ้นน้อยลงจนถึง 28 วัน หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตในแต่ละชุดการทดลองเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันและไม่แตกต่างกันมากนัก โดยชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น (รูปที่ 18)



รูปที่ 18 เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

2.1.6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 52 วัน โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยขนาด 25 ก./ตัว มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างหอยทั้ง 3 ขนาด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยทั้งหมดแตกต่างจากชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 และ 100 ก./ตัว (ตารางที่ 18)

ชุดควบคุม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 58.00 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 154.33 มก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 49.47 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 76.80 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 25) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงอยู่ในช่วง 3.70% (56 วัน)-50.59% (4 วัน) (ตารางที่ 18)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 54.53 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 157.00 มก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 48.67 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 77.33 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 25) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงอยู่ในช่วง 1.66% (56 วัน)-56.03% (4 วัน) ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 8, 28 และ 36 วัน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่ออกจากถังทดลองเพิ่มขึ้น 2.08, 7.84 และ 16.18% ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 56.67 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 158.33 มก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 49.47 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 89.20 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 25) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงอยู่ในช่วง 0.21% (52 วัน)-62.14% (4 วัน) ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 36 และ 56 วัน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่ออกจากถังทดลองเพิ่มขึ้น 11.29 และ 12.50% ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

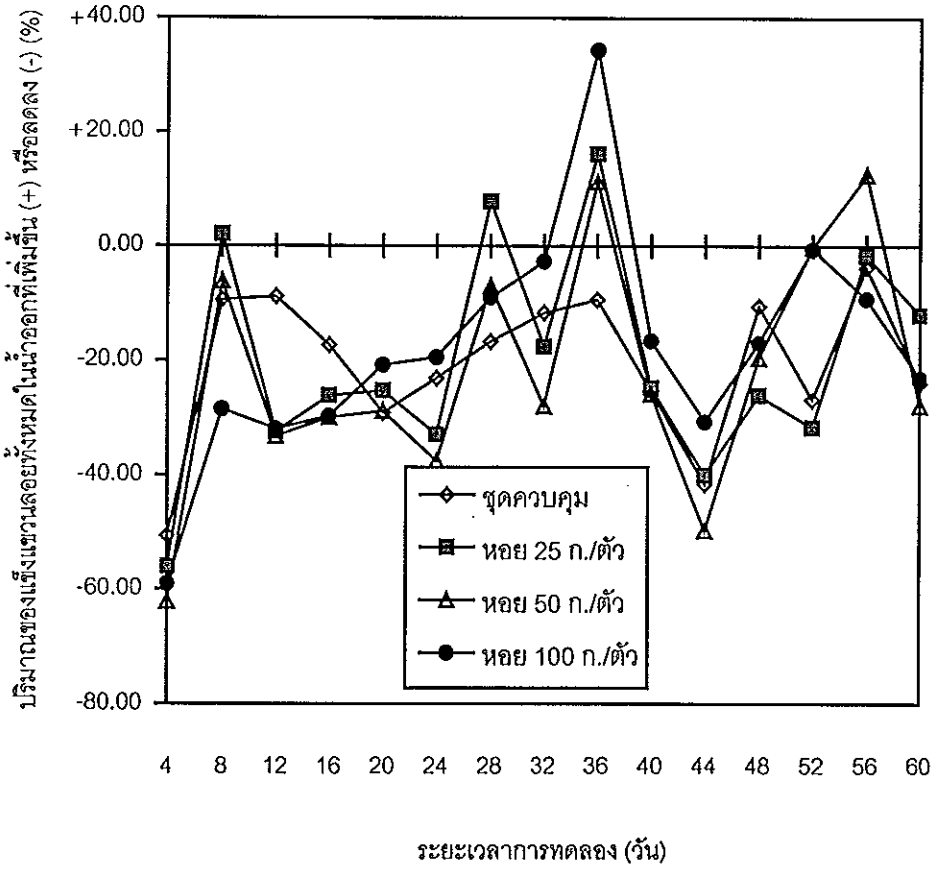
ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 52.40 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 156.00 มก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 51.33 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 85.47 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 25) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงอยู่ในช่วง 0.55% (52 วัน)-59.04% (4 วัน) ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่ออกจากถังทดลองเพิ่มขึ้น 34.35% (ตารางที่ 18)

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดระหว่างน้ำเข้า-ออกลดลงมากที่สุดที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดระหว่างน้ำเข้า-ออกเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ระยะเวลาการทดลอง 36 วัน โดยชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดระหว่างน้ำเข้า-ออกเพิ่มขึ้นมากที่สุด ส่วนชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดระหว่างน้ำเข้า-ออกลดลง และที่ระยะเวลาการทดลอง 44 วัน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยทั้งหมดระหว่างน้ำเข้า-ออกทุกชุดการทดลองลดลงอีก (รูปที่ 19)

2.1.7 บีโอดี

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของบีโอดีในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ระหว่างชุดการทดลอง พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีในน้ำที่ออกจากถังทดลองลดลงทุกระยะเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 48.11% (ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว)-72.59% (ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว) (ตารางที่ 19)

ชุดควบคุม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.83 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.33 มก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.67 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.33 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีลดลงอยู่ในช่วง 9.02% (36 วัน)-82.59% (12 วัน) (ตารางที่ 19)



รูปที่ 19 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ตารางที่ 19 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเข้มข้นของบีโอดี ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	+54.71	-75.84	-82.59	-56.82	-76.62	-45.14	-56.55	-46.54	-29.02	-67.77	-63.45	-59.48	-46.15	-41.31	-33.89
หอย 25 ก./ตัว	+56.02	-64.70	-89.26	-39.26	-67.60	-51.11	-58.41	-52.78	-18.06	-67.92	-55.97	-69.44	-44.35	-49.07	-22.02
หอย 50 ก./ตัว	+72.59	-80.15	-67.99	-47.69	-68.43	-27.22	-59.21	-47.93	-6.67	-63.06	-69.44	-60.19	-44.44	-54.60	-41.39
หอย 100 ก./ตัว	+48.11	-73.26	-50.26	-45.43	-68.81	-43.38	-51.01	-53.24	-11.11	-75.48	-53.89	-74.63	-57.50	-53.54	-43.98

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ตารางที่ 20 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง (-) /เพิ่มขึ้น (+) ของความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	+2.52^{c}	-3.20^{a}	+2.65^{a}	-3.52^{a}	-0.17^{b}	-4.75^{a}	+1.04^{a}	-3.69^{a}	-1.24^{a}	-2.95^{a}	-4.83^{a}	-1.08^{a}	-2.90^{a}	-0.91^{a}	-4.48^{a}
หอย 25 ก./ตัว	-1.54^{ab}	-3.56^{a}	+2.07^{a}	-2.26^{a}	-0.51^{a}	-3.57^{b}	+1.54^{a}	-2.38^{b}	-0.17^{a}	-2.12^{a}	-3.46^{b}	-0.52^{ab}	-3.07^{a}	-0.31^{ab}	-3.03^{b}
หอย 50 ก./ตัว	-0.69^{b}	-2.39^{a}	+1.99^{a}	-2.68^{a}	-0.30^{ab}	-3.17^{bc}	+1.31^{a}	-2.03^{b}	+0.52^{a}	-1.86^{a}	-2.98^{b}	+0.13^{b}	-2.51^{a}	+0.13^{b}	-2.37^{bc}
หอย 100 ก./ตัว	-2.14^{a}	-3.34^{a}	+1.74^{a}	-2.35^{a}	-0.56^{a}	-2.80^{c}	+1.14^{a}	-2.26^{b}	+0.77^{a}	-1.74^{a}	-2.62^{b}	-0.39^{ab}	-2.65^{a}	-0.04^{b}	-1.90^{c}

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.50 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13.33 มก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.00 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13.00 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีลดลงอยู่ในช่วง 18.06% (36 วัน)-89.26% (12 วัน) (ตารางที่ 19)

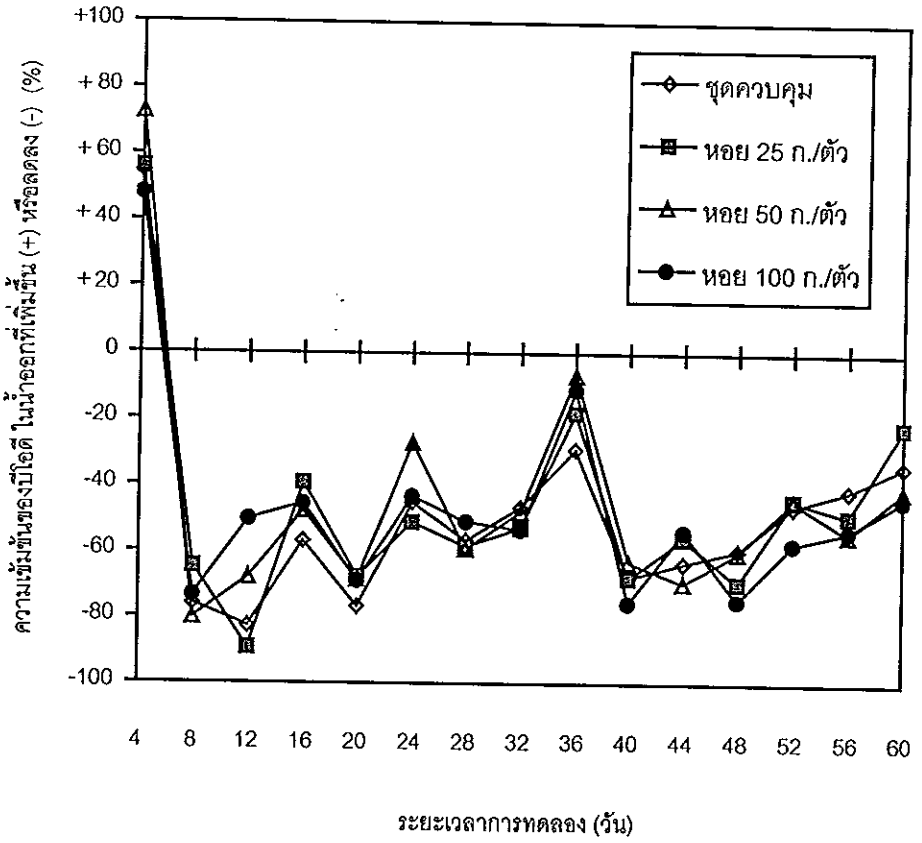
ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.67 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 16.67 มก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.17 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.67 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดีลดลงอยู่ในช่วง 6.67% (36 วัน)-80.15% (8 วัน) (ตารางที่ 19)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.67 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 16.67 มก./ล. ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.50 มก./ล. และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.67 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 26) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดีลดลงอยู่ในช่วง 11.11% (36 วัน)-75.48% (40 วัน) (ตารางที่ 19)

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของบีโอดีในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่เลี้ยงหอยเพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลองที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน แล้วลดลงอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน และที่ระยะเวลาการทดลอง 12 วัน เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของบีโอดีลดลงมากที่สุดในชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว หลังจากนั้นลดลงเรื่อยๆ จนระยะเวลาการทดลอง 36 วัน เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของบีโอดีในน้ำที่ออกจากถังทดลองลดลงน้อยที่สุดทุกชุดการทดลอง หลังจากนั้นจึงลดลงเพิ่มขึ้นและไม่เปลี่ยนแปลงมากในช่วงวันที่ 40-48 แล้วจึงค่อยๆ ลดน้อยลงอีกครั้ง (รูปที่ 20)

2.1.8 ความเป็นกรด-ด่าง

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 20, 24, 32, 44, 48, 56 และ 60 วัน โดยชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่าง ลดลงมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยที่ระยะเวลาการทดลอง 24, 32, 44, 48, 56 และ 60 วัน และมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยที่ระยะ



รูปที่ 20 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของบีโอดี ในน้ำที่ออกจากถังทดลองที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

เวลาการทดลอง 4 วัน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างหอยทั้ง 3 ขนาด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการทดลอง 4, 20, 24 และ 60 วัน (ตารางที่ 20)

ชุดควบคุม ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่เข้าในถังทดลอง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.55 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.94 ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.38 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.01 (ตารางภาคผนวกที่ 27) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ในช่วง 0.17% (20 วัน)-4.83% (44 วัน) และมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.04% (28 วัน)-2.65% (12 วัน) (ตารางที่ 20)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.43 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.85 ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.39 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.76 (ตารางภาคผนวกที่ 27) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ในช่วง 0.17% (36 วัน)-3.57% (24 วัน) และมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.54% (28 วัน)-2.07% (12 วัน) (ตารางที่ 20)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.55 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.89 ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.48 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.78 (ตารางภาคผนวกที่ 27) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ในช่วง 0.30% (20 วัน)-3.17% (24 วัน) และมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.13% (48 และ 56 วัน)-1.99% (12 วัน) (ตารางที่ 20)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่เข้าในถังทดลองมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.49 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.87 ส่วนในน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 7.41 และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.74 (ตารางภาคผนวกที่ 27) โดยน้ำที่ออกจากถังทดลองมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ในช่วง 0.04% (56 วัน)-3.34% (8 วัน) และมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.77% (36 วัน)-1.74% (12 วัน) (ตารางที่ 20)

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางเดียวกันเกือบทุกชุดการทดลอง โดยที่ระยะเวลาการทดลอง 16, 24, 32, 36, 40, 48, 56 และ 60 วัน ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยลดลงมากกว่าชุดการทดลองอื่น และที่ระยะเวลาการทดลอง 4 และ 12 วัน ชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างในน้ำที่

ออกจากถังเลี้ยงหอยเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองอื่น โดยเฉพาะที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน ชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ชุดการทดลองอื่นมีค่าลดลง (รูปที่ 21)

2.1.9 ความเค็ม

จากการทดลองปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความเค็มระหว่างน้ำเข้า-ออกจากถังทดลองในทุกชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับความเค็มในน้ำออกตลอดระยะเวลาการทดลองอยู่ในช่วง 26-28 ppt โดยช่วงระยะเวลาการทดลอง 4 และ 8 วัน ความเค็มของน้ำระหว่างน้ำเข้า-ออกมีค่าเท่ากับ 26 ppt และหลังจากระยะเวลาการทดลอง 8 วัน ความเค็มระหว่างน้ำเข้า-ออก ทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 28 ppt และคงที่ต่อไปจนเสร็จสิ้นระยะเวลาการทดลอง (ตารางภาคผนวกที่ 28)

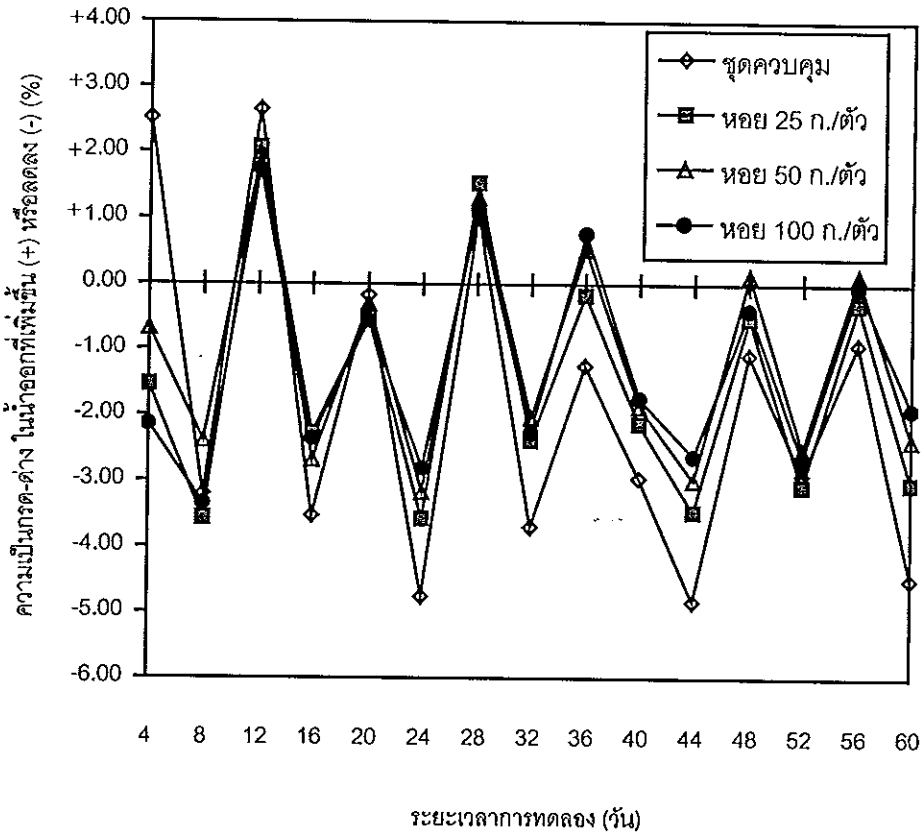
2.1.10 อุณหภูมิน้ำ

จากการทดลองปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง/เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำเข้า-ออกจากถังทดลองในทุกชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยตลอดระยะเวลาการทดลองค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำลดลงอยู่ในช่วง 0-5.01% ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 32, 48 และ 56 วัน มีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.12-1.72% (ตารางที่ 21) สำหรับอุณหภูมิน้ำเข้า-ออก ตลอดระยะเวลาการทดลองอยู่ในช่วง 27.00-29.50 ^{0}ซ (ตารางภาคผนวกที่ 29)

2.2 การเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของหอยตะโกรมกรามขาว

2.2.1 การเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว ทั้ง 3 ขนาด คือ 25, 50 และ 100 ก./ตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำมาเปรียบเทียบค่าความแตกต่างอัตราการเจริญเติบโตของหอย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยหอยขนาด 25 ก./ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.125 %/ตัว/วัน รองลงมาคือหอยขนาด 50 ก./ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 0.073 %/ตัว/วัน และหอยขนาด 100 ก./ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.021 %/ตัว/วัน (ตารางที่ 22) โดยอัตราการเจริญเติบโตในชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองเกือบทุก



รูปที่ 21 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำที่ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ตารางที่ 21 ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยลดลง(-) / เพิ่มขึ้น (+) ของอุณหภูมิน้ำ ในน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
ชุดควบคุม	-0.12	-1.72	-2.05	-1.38	-3.22	-4.83	-2.76	±1.72	-4.14	-1.41	-4.26	0.00	0.00	±0.36	-5.01
หอย 25 ก./ตัว	-0.24	-1.61	-2.05	-1.15	-2.99	-4.37	-2.87	±1.72	-4.14	-1.41	-4.14	±0.12	0.00	+0.36	-4.90
หอย 50 ก./ตัว	0.00	-1.27	-1.71	-1.26	-2.99	-4.26	-2.77	±1.72	-4.14	-1.53	-4.14	±0.12	0.00	+0.36	-4.90
หอย 100 ก./ตัว	-0.12	-1.61	-1.82	-0.92	-3.33	-4.26	-2.65	±1.72	-4.14	-1.41	-4.03	0.00	0.00	±0.36	-5.01

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

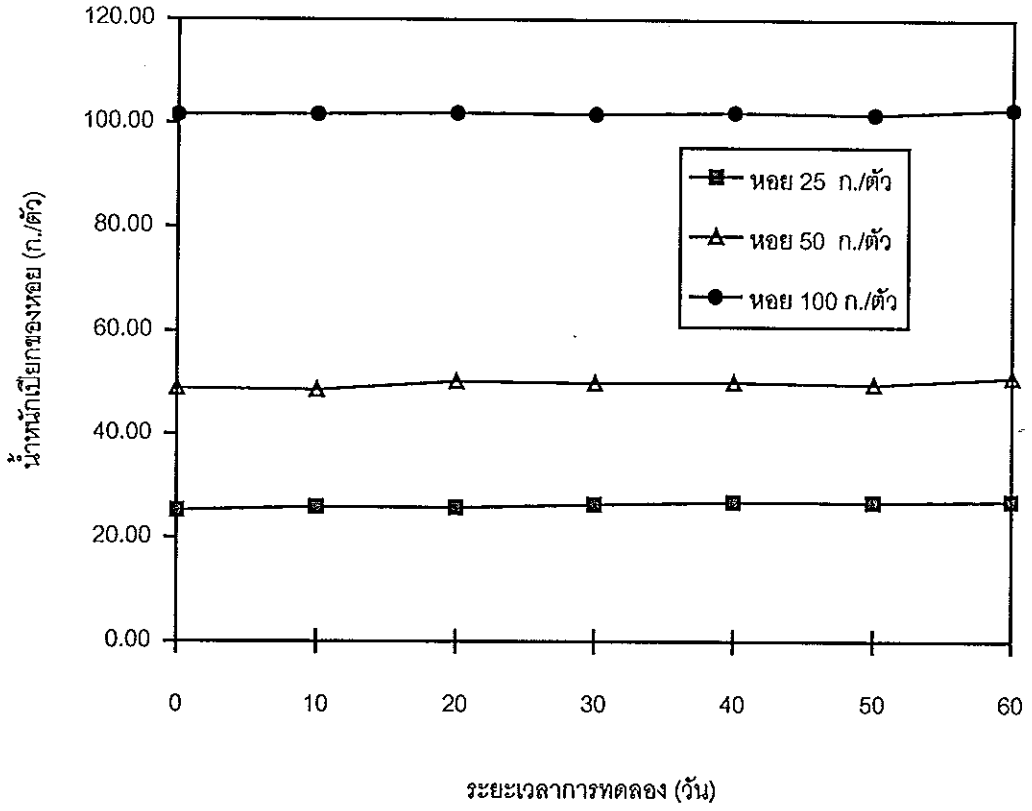
ตารางที่ 22 น้ำหนักเฉลี่ย (ก./ตัว±S.E.) และอัตราการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	แนวเดียวกันระยะเวลาการทดลอง (วัน)							อัตราการเจริญเติบโต
	0	10	20	30	40	50	60	(%/ตัว/วัน)
หอย 25 ก./ตัว	25.22±0.19	25.95±0.62	25.80±0.57	26.42±0.57	26.88±0.64	26.83±0.74	27.18±0.24	0.125[a]
หอย 50 ก./ตัว	48.91±0.29	48.57±0.80	50.27±0.98	49.93±0.93	50.10±0.93	49.69±1.02	51.10±0.38	0.073[b]
หอย 100 ก./ตัว	101.59±0.44	101.69±1.34	101.98±1.17	101.79±1.07	102.14±0.77	101.79±1.37	102.91±0.58	0.021[c]

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

ระยะเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 20 และ 50 วัน มีค่าลดลงเล็กน้อยแต่ยังสูงกว่าเริ่มต้นการทดลอง ชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองเกือบทุกระยะเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 10 และ 50 วัน มีค่าลดลงจากเริ่มต้นการทดลอง และชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองเกือบทุกระยะเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 30 และ 50 วัน มีค่าลดลงแต่สูงกว่าเริ่มต้นการทดลอง สำหรับการเจริญเติบโตของหอยทั้ง 3 ขนาด เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นการทดลองทุกชุดการทดลอง (รูปที่ 22)

ดรรชนีการเจริญเติบโตของหอยเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่าหอยทั้ง 3 ขนาด มีดรรชนีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ระยะเริ่มต้นชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 100 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 2.58 รองลงมาคือชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตเท่ากับ 1.62 และชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 50 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 1.45 ส่วนระยะเวลาสิ้นสุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงหอยขนาด 25 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 1.67 รองลงมาคือชุดการทดลองที่เลี้ยงหอย 50 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตเท่ากับ 1.29 และชุดการทดลองที่เลี้ยงหอย 100 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 1.24 (ตารางที่ 23)



รูปที่ 22 น้ำหนักเฉลี่ยของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ตารางที่ 23 ดรรชนีการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว (ค่าเฉลี่ย±S.E.) ที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งโดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)	
	0	60
หอยขนาดน้ำหนัก 25 ก./ตัว	1.62±0.12[b]	1.67±0.02[a]
หอยขนาดน้ำหนัก 50 ก./ตัว	1.45±0.13[b]	1.29±0.04[b]
หอยขนาดน้ำหนัก 100 ก./ตัว	2.58±0.11[a]	1.24±0.01[b]

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)

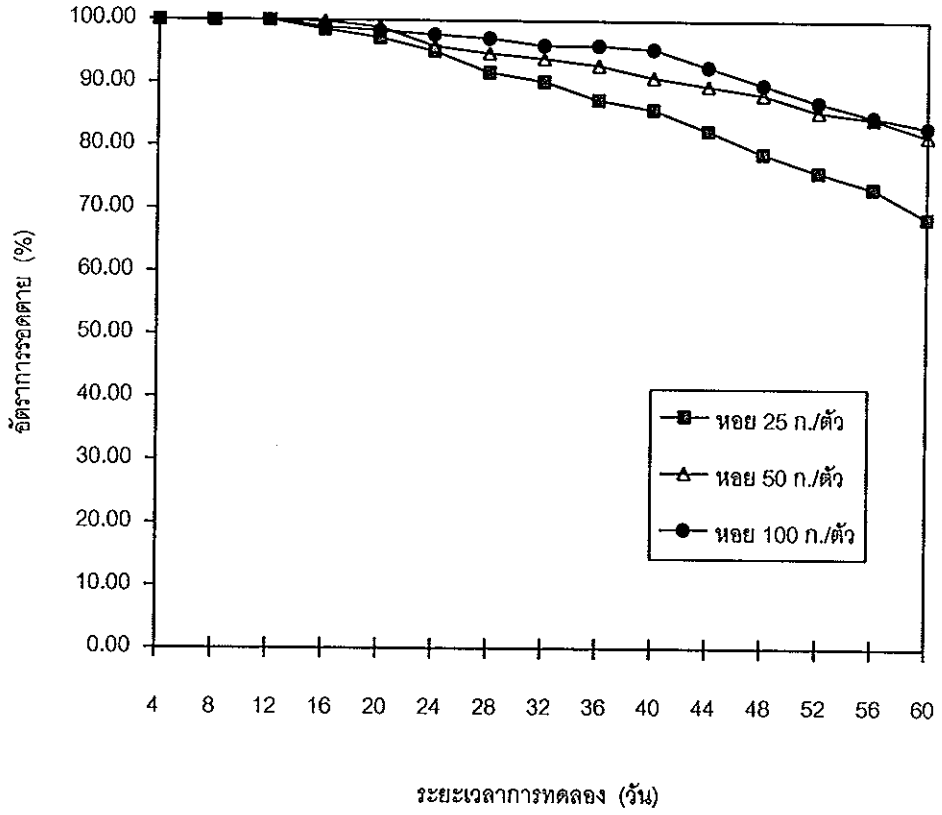
2.2.2 อัตรารอดตายของหอย

จากการทดลองปรากฏว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง หอยขนาด 100 ก./ตัว มีอัตรารอดตายเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 83.05% รองลงมาคือหอยขนาด 50 ก./ตัว มีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 81.66% และหอยขนาด 25 ก./ตัว มีอัตรารอดตายเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 68.59% เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างทางสถิติ พบว่าอัตรารอดตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05) ที่ระยะเวลาการทดลอง 16, 36, 40, 44, 48 และ 60 วัน (ตารางที่ 24) สำหรับแนวโน้มอัตรารอดของหอย พบว่ายิ่งระยะเวลาการทดลองเพิ่มขึ้นอัตรารอดตายก็ลดลง และพบว่าหอยที่มีขนาด 25 ก./ตัว มีอัตรารอดตายน้อยที่สุด ส่วนหอยที่มีขนาด 100 ก./ตัว มีอัตรารอดตายมากที่สุด (รูปที่ 23)

ตารางที่ 24 อัตรารอดตายเฉลี่ยของหอยตะโกรมกรามขาว (%) ที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้หอย 30 ก. /น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
หอย 25 ก./ตัว	100[a]	100[a]	100[a]	98.46[b]	97.19[a]	95.09[a]	91.72[a]	90.31[a]	87.37[b]	85.83[b]	82.46[b]	78.81[b]	75.87[a]	73.35[a]	68.59[b]
หอย 50 ก./ตัว	100[a]	100[a]	100[a]	99.73[a]	98.91[a]	95.89[a]	94.80[a]	93.98[a]	92.88[a]	90.97[ab]	89.60[a]	88.24[a]	85.50[a]	84.41[a]	81.66[a]
หอย 100 ก./ตัว	100[a]	100[a]	100[a]	98.87[ab]	98.31[a]	97.74[a]	97.18[a]	96.05[a]	96.05[a]	95.48[a]	92.66[a]	89.83[a]	87.01[a]	84.75[a]	83.05[a]

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (P>0.05)



รูปที่ 23 อัตรารอดตายของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้หอย 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

บทที่ 4

วิจารณ์

1. การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา เมื่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว

คุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาจำเป็นต้องมีการบำบัดก่อนปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากตัวแปรคุณภาพน้ำทิ้งบางพารามิเตอร์มีค่าสูง ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 313.93-373.50 มค.ก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 1) โดยทั่วไปน้ำทะเลมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ค่อนข้างต่ำ เช่น ในทะเลสาบสงขลา ช่วงเดือนกรกฎาคม 2527 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ต่ำสุด 4.17 มค.ก./ล และเดือนเมษายน 2528 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 22.96 มค.ก./ล. (เพราพรรณ, 2529) ส่วน Yamaguchi และคณะ (1994) ได้ศึกษาฤดูกาลเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ เอ และของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในทะเลสาบสงขลา ช่วงเดือนสิงหาคม 2534 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2536 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 1-10 มค.ก./ล. ยกเว้นในเดือนธันวาคม 2534 ทุกสถานีมีค่ามากถึง 30 มค.ก./ล. สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อเลี้ยงกุ้งที่อำเภอระโนด จังหวัดสงขลามีปริมาณสูงมาก อยู่ในช่วง 41.10-339.20 มค.ก./ล. (คณิต และคณะ, 2535) ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำอยู่ในช่วง 91.33-101.00 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 6) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำอยู่ในช่วง 25-80 มก./ล. และบีโอดีอยู่ในช่วง 17.33-25.67 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 7) โดยกรมประมงได้กำหนดให้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 10 มก./ล. (คณิต และยงยุทธ, 2537) ส่วนมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินกำหนดให้แหล่งน้ำที่ใช้ประโยชน์เพื่อทำการประมงและอนุรักษ์สัตว์น้ำมีบีโอดี ไม่เกิน 1.5 มก./ล. (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

หอยตะโกรมกรามขาวสามารถบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำให้คุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์ลดลง คือ

- คลอโรฟิลล์ เอ ชุดการทดลองที่ใช้หอยมีปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงมากกว่าชุดควบคุม ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 8, 10 และ 16 วัน ชุดควบคุมมีค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงมากกว่าบางชุดการทดลองที่ใช้หอย โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ หรือแพลงก์ตอนพืชในน้ำลดลงเนื่องจากถูกสัตว์น้ำกิน และ/หรือยังถูกกินโดยแพลงก์ตอนสัตว์ในแหล่งน้ำ และอาจจะตายลงด้วย (Boyd, 1991) ทั้งนี้ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. ลดลง

มากที่สุดที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ถึง 99.21% หรือลดลงจาก 353.95 มค.ก./ล. เหลือ 2.80 มค.ก./ล. (ตารางที่ 5 และตารางภาคผนวกที่ 1) เนื่องจากหอยตะโกรมกรามขาวมีการกรองกินแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์น้ำขนาดเล็กที่เน่าเปื่อยเป็นอาหาร (Huner and Brown, 1985) โดยพบว่าเมื่อความหนาแน่นของหอยตะโกรมกรามขาวเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลง

- ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ตลอดระยะเวลาการทดลองทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลง โดยชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงน้อยกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยตะโกรมกรามขาว ยกเว้นที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน ที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 20, 30 และ 70 ก./ล. เนื่องจากแพลงก์ตอนสัตว์มีการกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร (มนูวดี, 2532) และแอมโมเนียถูกแพลงก์ตอนพืชดูดซึมไปใช้ในปริมาณมาก จนทำให้ปริมาณสารอาหารสำหรับแพลงก์ตอนพืชอาจมีไม่เพียงพอ ส่วนที่ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 10, 20, 30, 40 และ 60 ก./ล. (ตารางที่ 8) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ลดลงมากที่สุดเช่นกัน เนื่องจากแพลงก์ตอนสัตว์กินสารอินทรีย์ในน้ำ และขับถ่ายของเสียออกมาแต่มีจำนวนน้อย ซึ่งแตกต่างจากชุดการทดลองที่ใช้หอยอาจมีการขับถ่ายของเสียออกมาทั้งในรูปของเสียเทียม และกากของเสียที่ไม่มีการดูดซึม จนทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำลดลงน้อยกว่าชุดควบคุม สำหรับที่ระยะเวลาการทดลอง 1-6 วัน ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่นมากที่สุดมีค่าลดลงมากที่สุด เนื่องจากหอยตะโกรมกรามขาวกรองกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารจนมีปริมาณน้อย แต่หลังจาก 4 วัน อัตราความหนาแน่น 70 ก./ล. ไม่ลดลงมากที่สุด เนื่องจากในชุดการทดลองดังกล่าวพบว่าหอยตะโกรมกรามขาวเริ่มตายตั้งแต่วันที่ 6 เป็นต้นไป (รูปที่ 13) และหอยอาจมีการขับถ่ายของเสียออกมาทั้งในรูปของเสียเทียม กากของเสีย และแอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียอาจถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์โดยแบคทีเรีย ซึ่งปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสัตว์น้ำและพืชน้ำ ผลทางตรงจะไปรบกวนการหายใจของสัตว์น้ำ ส่วนผลทางอ้อมทำให้เกิดความขุ่นแล้วไปขัดขวางการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช (Abel, 1989) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ส่วนมากลดลงตามระยะเวลาการทดลอง และความหนาแน่นของหอย โดยเฉพาะที่ระยะเวลาการทดลอง 1, 2 และ 4 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยตะโกรมกรามขาว

70 ก./ล. ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลงมากกว่าชุดการทดลองอื่น เนื่องจากไม่มีหอยตายจึงสามารถกรองกินแพลงก์ตอนพืชและสารอนินทรีย์ในน้ำเป็นอาหารได้มาก ซึ่งปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมาจากสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา แพลงก์ตอนพืชและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เมื่อแพลงก์ตอนพืชลดลงก็ทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำลดลงด้วย (Stickney, 1994)

- บีโอดี หอยตะโกรมกรามขาวสามารถลดค่าบีโอดีได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะที่ระยะเวลาการทดลอง 6 วัน ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของบีโอดีลดลงมากที่สุด โดยชุดควบคุมลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 21.05% และชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 60 ก./ล. ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 88.12% ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน ชุดควบคุมยังลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 6.22% ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้หอย 30 ก./ล. มีค่าลดลงมากที่สุดเท่ากับ 79.35% สำหรับความเข้มข้นของบีโอดีตั้งแต่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน ขึ้นไป ลดลงทุกชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ใช้หอยมีความเข้มข้นของบีโอดีลดลงมากกว่าชุดควบคุม เนื่องจากหอยสองฝามีการกรองกินสารอินทรีย์ จุลินทรีย์และสาหร่ายในน้ำ แล้วหอยมีการขับถ่ายของเสียซึ่งเป็นแอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์ ซึ่งจะถูกแบคทีเรียย่อยสลายเป็นสารอนินทรีย์แล้วถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Pruder, 1987) จึงทำให้ชุดการทดลองที่ใช้หอยมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำลดลง นั่นคือบีโอดีลดลงด้วย ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของหอยกับบีโอดี ตลอดระยะเวลาการทดลองจึงเป็นไปในลักษณะแปรกลับกัน กล่าวคือหากความหนาแน่นของหอยมากขึ้นจะทำให้ความเข้มข้นของบีโอดีลดลง ในทางกลับกันหากความหนาแน่นของหอยลดลงความเข้มข้นของบีโอดีจะเพิ่มขึ้น บีโอดีเป็นค่าที่แสดงปริมาณความสกปรกของน้ำในรูปปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (สมทิพย์ และคณะ, 2541) ถ้าปริมาณของบีโอดีสูงจะมีอินทรีย์วัตถุเน่าเสียอยู่มากและจะถูกแบคทีเรียทำการย่อยสลาย ซึ่งต้องใช้ออกซิเจนเป็นจำนวนมากและอาจทำให้ออกซิเจนขาดแคลนได้ (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

กลไกที่ช่วยให้การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาด้วยหอยตะโกรมกรามขาวในระบบนี้มีประสิทธิภาพ คือ

1) การกรองกินอาหารของหอยตะโกรมกรามขาว ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำของชุดการทดลองที่ใช้หอยลดลง ซึ่งสอดคล้องกับที่ Huner และ Brown (1985) รายงานว่าหอยสองฝามีการกรองกินแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์น้ำขนาดเล็กที่เน่าเปื่อย อนุภาคสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์เป็นอาหาร โดยซี่เหงือก (gill filament) ทำหน้าที่เป็นแผ่นกรองในกลไกของการกินอาหาร และคัดเอาขนาด

อนุภาคของสารอาหารที่เหมาะสมเข้าไปในระบบการย่อยอาหารเท่านั้น (Saleuddin and Wilbur, 1983)

2) ความหนาแน่นของหอยตะโกรมกรามขาวและระยะเวลาการทดลอง สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของหอยตะโกรมกรามขาวกับคลอโรฟิลล์ เอ เป็นไปในลักษณะแปรกลับกัน กล่าวคือเมื่อหอยมีความหนาแน่นมากขึ้นก็จะมีการกรองกินแพลงก์ตอนพืชมากขึ้น ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ยิ่งลดลง นอกจากนี้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ยังลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของคณิต และดุสิต (2535) ซึ่งพบว่าจากการใช้หอยแมลงภู่น้ำหนัก 400 ก./น้ำ 200 ล. บำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ได้ 30.50%, 73.10%, 87.78% และ 98.73% ที่ระยะเวลาการทดลอง 6, 12, 24 และ 48 ชม. ตามลำดับ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของหอยกับปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำก็เป็นไปในลักษณะแปรกลับกัน กล่าวคือเมื่อความหนาแน่นของหอยเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำลดลง โดยสอดคล้องกับการทดลองของ คณิต และดุสิต (2535) และ ธนิษฐา (2537) ที่ใช้หอยแมลงภู่บำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

อัตราความหนาแน่นของหอยตะโกรมกรามขาวที่เหมาะสมในการบำบัดระบบนี้ คือ 30 ก./น้ำ 1 ล. และควรมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 4 วัน เนื่องจากคุณภาพน้ำทิ้งจากการบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวในช่วงระยะเวลาดังกล่าวลดลงอยู่ในระดับที่เหมาะสมและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยเฉพาะปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำลดลงจาก 94.67 มก./ล. เหลือ 50.00 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 6) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำที่กำหนดไว้อยู่ในช่วง 25-80 มก./ล. (คณิต และยงยุทธ, 2537) ค่าบีโอดีลดลงจาก 18.67 มก./ล. เหลือ 3.83 มก./ล. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำที่กำหนดไว้ไม่เกิน 4 มก./ล. (คณิต และยงยุทธ, 2537) ส่วนปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงจาก 352.39 มค.ก./ล. เหลือ 47.35 มค.ก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 1) ซึ่งชุดการทดลองดังกล่าวหอยไม่ตายตลอดระยะเวลาการทดลอง ส่วนที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก./ล. มีอัตราการตายสะสมเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 5.56% รองลงมาคือชุดการทดลงที่ใช้หอยหนาแน่น 60 ก./ล. อัตราการตายสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 2.99% (ตารางภาคผนวกที่ 19) และที่ระยะเวลาดังกล่าวปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในชุดการทดลองที่ใช้หอย 70 และ 60 ก./ล. ลดลง 99.21% และ 99.16% ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และปริมาณความเข้มข้นของไนไตรท์เพิ่มขึ้นจากความเข้มข้น 0.0009 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. เป็น 15.3278 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. และจาก 0.0023 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. เป็น 9.6642 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 4) โดยหอยตะโกรมกรามขาวกรองกินแพลงก์ตอน

พืชและแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหารจนทำให้คลอโรฟิลล์ เอ ลดลง และความเข้มข้นของไนไตรท์ที่เพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องจากหอยตะโกรมกรามขาวมีการขับถ่ายของเสียออกมาในรูปสารประกอบไนโตรเจน โดยเฉพาะแอมโมเนียเป็นส่วนใหญ่ แล้วถูกแบคทีเรียเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์ จนทำให้ไนไตรท์ในตู้ทดลองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งไนไตรท์จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (Wetzel, 1975) ทำให้มีผลต่ออัตราการตายของหอยตะโกรมกรามขาว ซึ่งจากการทดลองของสุวัฒน์ และคณะ (2541) รายงานว่าการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวขนาดความยาวเปลือก 3.47 ซม. ในกระบะขนาด 1×1 $ม^2$. ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีการหมุนเวียนของน้ำตลอดเวลา โดยทำความสะอาดหอยเดือนละครั้ง ปรากฏว่าที่อัตราความหนาแน่น 25 ตัว/$ม^2$. มีอัตรารอดตาย 85.6% และเมื่ออัตราความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเป็น 200 ตัว/$ม^2$. มีอัตรารอดตาย 68.6% แสดงให้เห็นว่าอัตราความหนาแน่นที่มากขึ้นทำให้อัตรารอดตายต่ำลง

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้หอยตะโกรมกรามขาวกับหอยชนิดอื่น ในอัตราที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะการใช้หอยแมลงภู่ (*Elliptio complanata*) บำบัดน้ำทิ้งจากชุมชนที่ประเทศสหรัฐอเมริกา หอยขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 123 ก. ในอัตราความหนาแน่น 0.6 ตัว/ล.. (หรือ 74 ก./ล.) ที่ระยะเวลาการทดลอง 24 ชม. อุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 21-22 ^{0}ซ ให้อากาศตลอดเวลา สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำได้ 37% (Helfrich *et al.*, 1995) ซึ่งประสิทธิภาพการกรองด้อยกว่าหอยตะโกรมกรามขาวที่อัตราน้ำหนักและเวลาใกล้เคียงกัน กล่าวคือการใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตราความหนาแน่น 70 ก./ล. ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดได้ 46.47% (ตารางที่ 8) และการใช้หอยแมลงภู่ (*Perna* sp.) ขนาดน้ำหนักตัวละ 20 ก. อัตราความหนาแน่น 7 ก./ล. บำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบน้ำนิ่ง ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน สามารถลดคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดได้ 83.40% และ 27.49% ตามลำดับ (ธนิษฐา, 2537) ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งของหอยแมลงภู่ (*Perna* sp.) ด้อยกว่าการใช้หอยตะโกรมกรามขาวที่อัตราความหนาแน่น 10 ก./ล. ที่ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน สามารถลดคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดได้ 95.06% และ 46.86% ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และ 8) ส่วนการใช้หอยแมลงภู่ (*Mytilus* sp.) บำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบน้ำนิ่ง อัตราความหนาแน่น 400 ก./น้ำ 200 ล. (หรือ 2 ก./ล.) ที่ระยะเวลาการทดลอง 48 ชม. (หรือ 2 วัน) สามารถลดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ได้ 98.73% (คณิต และดุสิต, 2535) ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตราความหนาแน่น 10 ก./ล. ที่ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน สามารถลดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ได้ 36.11% (ตารางที่ 3 และ 8) สำหรับประสิทธิภาพการกรองอนุภาคสารอาหารของหอยแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยหอย

ตะโกรมกรามขาวสามารถกรองกินอนุภาคสารอาหารที่มีขนาด 6-12 ไมโครเมตร ได้ดี (Hawkins *et al.*, 1998) ในขณะที่หอยแมลงภู่ (*Dressena polymorpha*) สามารถกรองอนุภาคสารอาหารขนาด 1.5 ไมโครเมตร ได้ดีที่สุด (Lei *et al.*, 1996) และหอยสองฝ่า (*Mercenaria mercenaria*) สามารถกรองอนุภาคสารอาหารขนาด 3.5 ไมโครเมตร ได้ดีที่สุด (Jogenson,1990)

การพัฒนาประสิทธิภาพการใช้หอยตะโกรมกรามขาวบำบัดน้ำทิ้ง สามารถทำได้โดย

1) ควรมีการแขวนหอยในบ่อพักน้ำทิ้งหลายระดับความลึก เพราะสารอาหารมีการกระจายอยู่ทั่วบ่อ และหอยตะโกรมกรามขาวก็กรองกินสารอาหารในมวลน้ำ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดได้เป็นอย่างดี

2) ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ควรมีการใช้หอยตะโกรมกรามขาวหลายขนาดรวมกัน เพราะน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีอนุภาคของสารอาหารหลายขนาด และหอยแต่ละขนาดย่อมกรองกินสารอาหารที่ขนาดแตกต่างกัน ซึ่ง Sphigel และคณะ (1997) ใช้หอยนางรม (*Crassostrea gigas*) บำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากิลท์เฮด ซีบรีม (*Sparus auratus*) ปรากฏว่าหอยขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 22 ก. ลดความขุ่นได้น้อยที่สุด 52% หอยขนาดน้ำหนักเปียก 7 ก. ลดความขุ่นได้ 64% ส่วนการผสมหอยทั้ง 2 ขนาด ในอัตราส่วนที่เท่ากัน สามารถลดความขุ่นได้มากที่สุดถึง 66%

3) ควรใช้การบำบัดน้ำทิ้งแบบผสมผสาน เพราะว่าหอยตะโกรมกรามขาวลดพารา-มิเตอร์ของน้ำบางตัวเท่านั้น โดยควรมีบ่อพักน้ำเพื่อให้ตกตะกอน เนื่องจากปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีขนาดแตกต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีขนาดใหญ่และหอยตะโกรมกรามขาวกรองกินไม่ได้จะตกตะกอนในบ่อนี้ แล้วนำน้ำผ่านมายังบ่อบำบัดด้วยสาหร่ายผมนาง ซึ่งช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท ไนไตรท์ และฟอสฟอรัส (อภิรักษ์, 2536) จากนั้นก็นำน้ำผ่านมายังบ่อบำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาว ซึ่งสามารถลดปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ และบีโอดี ได้เป็นอย่างดี

2. การศึกษาการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว จากการเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา

คุณภาพน้ำทิ้งที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว ได้แก่

- ความเค็ม การเปลี่ยนแปลงความเค็มระหว่างน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลองอยู่ในช่วง 26-28 ppt (ตารางภาคผนวกที่ 28) ซึ่งความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวอยู่ในช่วง 9-35 ppt (Angell, 1985) สำหรับความเค็มมีผล

ต่อการแลกเปลี่ยนเกลือแร่ภายในร่างกายของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะหอยสองฝาที่อาศัยในบริเวณน้ำกร่อย เมื่อความเค็มลดลงทำให้หอยสูญเสียเกลือแร่ภายในร่างกายจนเป็นอันตรายต่อหอย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่เหมาะสมและไม่เป็นอันตรายต่อหอยสองฝาไม่ควรเกิน 10% (Karl and Yonge, 1964)

- อุณหภูมิน้ำ ตลอดระยะเวลาการทดลองอุณหภูมิในถังทดลองระหว่างน้ำเข้า-ออกอยู่ในช่วง 27.00-29.50 ^{0}ซ (ตารางภาคผนวกที่ 29) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวอยู่ในช่วง 21-31 ^{0}ซ (Angell, 1985)

- ความเป็นกรด-ด่าง ชุดการทดลองที่ใช้หอยมีความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเข้ามาในถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.43 สูงสุดเท่ากับ 7.89 ส่วนน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.39 สูงสุดเท่ากับ 7.78 (ตารางภาคผนวกที่ 27) ซึ่งความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอยู่ในช่วง 7.0-8.5 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534) สำหรับความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้แอมโมเนียในรูปที่ไม่แตกตัวมีพิษเพิ่มขึ้น (Emerson *et al.*,1975)

- ไนเตรท ความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำที่เข้ามาในถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.047 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. สูงสุดเท่ากับ 5.235 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. ส่วนน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.831 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. สูงสุดเท่ากับ 9.314 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 22) ซึ่งองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้กำหนดคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา กุ้ง และหอยให้มีไนเตรทไม่เกิน 100 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล. (Coche, 1981 อ้างโดย Barnabé, 1990) สำหรับแพลงก์ตอนพืชมีการนำไนเตรทไปใช้สร้างโปรตีน ดังนั้นเมื่อมีแพลงก์ตอนพืชมากก็ทำให้มีการนำไนเตรทไปใช้มากขึ้นจนทำให้ไนเตรทในน้ำลดลง (มนุวดี, 2532) สำหรับชุดการทดลองที่ใช้หอยมีความเข้มข้นของไนเตรทมากกว่าชุดควบคุม เนื่องจากหอยตะโกรมกรามขาวกรองกินทั้งแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหาร (Barnabé, 1990) เมื่อหอยขับถ่ายของเสียที่เป็นแอมโมเนียออกมา แล้วอาจถูกแบคทีเรียเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์และไนเตรทตามกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Boyd, 1990) จนทำให้ไนเตรทในถังทดลองเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นแพลงก์ตอนพืชที่จะดูดซึมไนเตรทไปใช้ก็เหลืออยู่ปริมาณน้อย

ตัวแปรคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาว ได้แก่

- คลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของน้ำที่เข้ามาในถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.96 มค.ก./ล. สูงสุดเท่ากับ 64.30 มค.ก./ล. ส่วนน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอย

มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.00 มค.ก./ล. สูงสุดเท่ากับ 4.32 มค.ก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 20) อาจทำให้หอยตะโกรมกรามขาวได้รับอาหารคือแพลงก์ตอนพืชไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต

- แอมโมเนีย ปริมาณแอมโมเนียของน้ำที่เข้ามาในถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.015 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. สูงสุดเท่ากับ 0.134 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. ส่วนน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.002 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. สูงสุดเท่ากับ 0.118 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 21) ปริมาณแอมโมเนียในน้ำออกจากถังทดลองลดลงทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เนื่องจากหอยกรองกินสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในน้ำเป็นอาหารแล้วมีการขับถ่ายแอมโมเนียออกมา ซึ่งแอมโมเนียถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์โดยแบคทีเรีย โดยที่ปริมาณของไนไตรท์ในน้ำที่ออกจากถังทดลองเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ ซึ่งองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้กำหนดคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา กุ้ง และหอยให้มีแอมโมเนียไม่เกิน 0.1 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล. (Coche, 1981 อ้างโดย Barnabé, 1990)

- ไนไตรท์ ในน้ำที่สูบเข้ามายังถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว มีค่าไนไตรท์ต่ำสุดเท่ากับ 0.045 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. สูงสุดเท่ากับ 2.759 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. ส่วนน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.009 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. สูงสุดเท่ากับ 4.515 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 23) ซึ่งองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้กำหนดคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา กุ้ง และหอยให้มีไนไตรท์ไม่เกิน 0.1 มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล. (Coche, 1981 อ้างโดย Barnabé, 1990)

- ฟอสเฟต ในน้ำที่สูบเข้ามายังถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว มีค่าฟอสเฟตต่ำสุดเท่ากับ 0.041 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. สูงสุดเท่ากับ 0.304 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. ส่วนน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.141 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. สูงสุดเท่ากับ 0.519 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. (ตารางภาคผนวกที่ 24) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำมีค่าไม่เกิน 0.1 มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล. (คณิต และยงยุทธ, 2537)

- ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ที่สูบเข้ามายังถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 52.40 มก./ล. สูงสุดเท่ากับ 158.33 มก./ล. ส่วนน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 48.64 มก./ล. สูงสุดเท่ากับ 89.20 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 25) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำอยู่ในช่วง 25-80 มก./ล. (คณิต และยงยุทธ, 2537)

- บีโอดี ในน้ำที่สูบเข้ามายังถังเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.67 มก./ล. สูงสุดเท่ากับ 16.67 มก./ล. ส่วนน้ำที่ออกจากถังเลี้ยงหอยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.00 มก./ล. สูงสุดเท่ากับ 14.67 มก./ล. (ตารางภาคผนวกที่ 26) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานของบีโอดีที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำมีค่าไม่เกิน 4 มก./ล. (คณิต และยงยุทธ, 2537)

การเลี้ยงหอยในระบบน้ำนิ่ง ไม่ค่อยดีนัก เพราะว่าการหมุนเวียนของน้ำในถังเลี้ยงหอยเกิดขึ้นน้อย ทำให้หอยกรองกินสารอาหารในมวลน้ำได้น้อย เนื่องจากมีอาหารอยู่อย่างจำกัด ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหอยและการตายของหอย และทำให้คุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์เสื่อมลง สำหรับหอยตะโกรมกรามขาวในชุดการทดลองขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 25 ก. มีการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งด้านอัตราการเจริญเติบโตและดรรชนีการเจริญเติบโต เพราะว่าหอยที่มีขนาดเล็กมีการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ดีกว่าหอยที่มีขนาดใหญ่ แต่ถ้ามองในแง่ของอัตรารอดตาย หอยที่มีขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 100 ก. มีอัตรารอดตายมากที่สุด และหอยที่มีขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 25 ก. มีอัตรารอดตายน้อยที่สุด ดังนั้นการใช้หอยที่มีขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 25 ก. จะเหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงหอยเพื่อให้มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิต การเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงในน้ำทิ้งกับหอยชนิดอื่น จากการทดลองครั้งนี้หอยตะโกรมกรามขาวขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 25 ก. มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 0.125 %/ตัว/วัน รองลงมาคือหอยขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 50 ก. มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.073 %/ตัว/วัน และหอยที่มีขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 100 ก. มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 0.021 %/ตัว/วัน โดยหอยขนาดเล็กมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสูงกว่าหอยที่มีขนาดใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงหอยแมลงภู่ (*Perna* sp.) ขนาดน้ำหนักเปียกเฉลี่ยตัวละ 20 ก. ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโต 0.074 %/ตัว/วัน (ธนิษฐา, 2537) โดยอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าการใช้หอยตะโกรมกรามขาวขนาดน้ำหนักตัวละ 25 ก. ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน มีอัตราการเจริญเติบโต จากน้ำหนักเฉลี่ย 25.22 ก. เป็น 25.95 ก. (ตารางที่ 23) (หรือ 0.285 %/ตัว/วัน) ส่วนการเลี้ยงหอยนางรม (*Crassostrea gigas*) ที่ประเทศอิสราเอล ในระบบน้ำไหล ของ Shpigel และคณะ (1993b) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากิลท์เฮด ซีบรีม โดยใช้หอยขนาดน้ำหนักเปียก 4.80±1.4 ก./ตัว (ค่าเฉลี่ย±SD) หนาแน่น 50 ตัว/ล. ควบคุมการไหลของน้ำ 1,200 ล./ชม. เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตระหว่างหอยนางรมที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อตกตะกอน น้ำทิ้งที่รับมาจากบ่อเลี้ยงปลา 3 บ่อ และน้ำทิ้งระบบหมุนเวียนจากบ่อเลี้ยงปลาเพียงบ่อเดียว ปรากฏว่ามีอัตราการเจริญเติบโต 1.56, 1.24 และ 0.32 %/ตัว/วัน ตามลำดับ

ซึ่ง Shpigel และ Blaylock (1991) ได้เปรียบเทียบการเลี้ยงหอยนางรม (*C. gigas*) ในระบบน้ำไหลที่ควบคุมอุณหภูมิและการไหลของน้ำ ในอัตราความหนาแน่น 20 ก./ล. น้ำหนักเปียกเฉลี่ยตัวละ 6.50 ก. ในถังทดลองขนาด 25 ล. โดยใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากิลท์เฮด ซีบรีม เป็นระยะเวลา 60 วัน ปรากฏว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 27 ^{0}ซ อัตราการไหลของน้ำ 50 ล./ชม. มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด 2.51±1.11 %/ตัว/วัน (ค่าเฉลี่ย±SD) และหอยที่เลี้ยงในระบบน้ำนิ่ง มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ 0.75±0.27 %/ตัว/วัน ส่วนที่ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า 27 ^{0}ซ ที่อัตราการไหลของน้ำ 50 ล./ชม. มีอัตราการเจริญเติบโต 4.39±2.35 %/ตัว/วัน และหอยที่เลี้ยงในระบบน้ำนิ่ง มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุดเท่ากับ 1.81±1.12 %/ตัว/วัน ซึ่งมีการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในระบบน้ำนิ่งเพราะว่าการเลี้ยงหอยในระบบน้ำไหลทำให้น้ำมีการหมุนเวียนของสารอาหารและมีอนุภาคสารอินทรีย์ในบ่อตกตะกอนมากกว่าบ่ออื่น นอกจากนั้นหอยที่ใช้มีขนาดเล็กกว่าการใช้หอยตะโกรมกรามขาว ทำให้การเจริญเติบโตดีกว่าหอยขนาดใหญ่ Jakob และคณะ (1993) เลี้ยงหอยนางรม (*C. virginica*) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง *Penaeus vannamei* ที่มีการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนาปล่อยกุ้งอัตรา 15-20 ตัว/ม^{2}. โดยเลี้ยงหอยในถังขนาดความจุน้ำ 310 ล. บริเวณก้นถังมีความลาดชัน 39 องศา ใส่หอยในกระบะ มีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ 40 ล./นาที ใช้หอยน้ำหนักเปียกตัวละ 0.04 ก. (จำนวน 5,000 ตัว) และอัตราการไหลของน้ำ 80 ล./นาที ใช้หอยน้ำหนักเปียกตัวละ 0.05 ก. (จำนวน 2,000 ตัว) เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเลี้ยง 268 วัน หอยมีน้ำหนักเปียก 68 ก./ตัว และ 78 ก./ตัว หรือมีอัตราการเจริญเติบโต 2.78 และ 2.74 %/ตัว/วัน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าหอยขนาดเล็กมีประสิทธิภาพการกรองดีกว่าหอยขนาดใหญ่ ซึ่งในการทดลองนี้หอยนางรมมีการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เพราะว่าเป็นการเลี้ยงในระบบน้ำไหลและใช้หอยขนาดเล็กกว่า Askew (1972) รายงานว่าการเลี้ยงหอยนางรม (*C. gigas*) ขนาดน้ำหนักเปียก 3.59 ก./ตัว ในแหล่งน้ำบริเวณ Seweare Deep และ Emsworth Channel ในประเทศอังกฤษ ระยะเวลาการเลี้ยง 12 เดือน พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโต 0.233 และ 0.241 %/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งหอยที่ใช้มีขนาดเล็กกว่าหอยตะโกรมกรามขาวและเป็นการเลี้ยงในแหล่งน้ำธรรมชาติ และหอยนางรมชนิดนี้มีการเจริญเติบโตดีกว่าหอยตะโกรมกรามขาว Lam และ Wang (1991) ได้ทดลองในสหรัฐอเมริกา โดยเลี้ยงหอยนางรม (*C. virginica*) น้ำหนักเปียกตัวละ 3.59 ก. อัตราความหนาแน่น 2.2 ก./ล. ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง *P. vannamei* โดยเลี้ยงแบบแขวนในถังทดลอง ควบคุมอัตราการไหลของน้ำ 4.00, 1.30 และ 0.45 ล./วัน/น้ำหนักเปียก 1 ก. บริเวณก้นถังทดลองเป็นรูปกรวยเพื่อให้ตะกอนและสิ่งขับถ่ายจากหอยตกหล่นมายังบริเวณนี้ เป็นระยะเวลาการทดลอง 209 วัน ปรากฏว่าหอยนางรมมี

น้ำหนักเปียกเฉลี่ย 66.43, 53.67 และ 40.65 ก. (หรืออัตราการเจริญเติบโต 1.40, 1.29 และ 1.16 %/ตัว/วัน) ตามลำดับ โดยน้ำที่เข้ามาในถังทดลองมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22.8-28.1 ^{0}ซ ความเค็มอยู่ในช่วง 25.4-29.9 ppt หอยนางรมชนิดนี้มีการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เนื่องจากเป็นการเลี้ยงในระบบน้ำไหล อุณหภูมิน้ำและความเค็มอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอย และเป็นระบบที่บริเวณก้นถังเป็นรูปกรวยเพื่อรวบรวมตะกอนและสิ่งขับถ่ายออกนอกถังเลี้ยง Jakob และ Wang (1994) ได้ทดลองในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเลี้ยงหอยนางรม (*C. virginica*) ด้วยน้ำจากการเลี้ยงกุ้ง *P. vannamei* ในถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 1.5×1.8×1.5 ม^{3}. (กว้าง×ยาว×สูง) บรรจุน้ำ 1,400 ล. โดยใช้หอยน้ำหนักเปียก 0.2 ก./ตัว เลี้ยงแบบแขวน จำนวน 1,728 ตัว/ถัง (1.23 ก./ล.) มีการควบคุมการไหลของน้ำโดยให้ออกซิเจนในถังทดลองไม่ต่ำกว่า 3.6 มก./ล. มี 2 ถัง คือถังที่ 1 มีการจัดการทำความสะอาดหอยและถัง 2 สัปดาห์/ครั้ง และถังที่ 2 ไม่มีการทำความสะอาดหอยและถังทดลองระหว่างทำการทดลอง โดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง ปรากฏว่าเมื่อสิ้นสุดที่ระยะเวลาการทดลอง 214 วัน หอยนางรมมีน้ำหนักเปียก 34.8 และ 28.7 ก. (หรือมีอัตราการเจริญเติบโต 2.41 และ 2.32 %/ตัว/วัน) ตามลำดับ สำหรับระบบนี้บริเวณก้นถังเป็นลักษณะรูปกรวยเพื่อรวบรวมตะกอนและสิ่งขับถ่ายจากหอย เรียกว่า ไบโอดีโพซิชัน (biodeposition) และมีการทำความสะอาดหอยทำให้ตะกอนเกาะตัวหอยลดลงมีผลให้การกรองกินอาหารของหอยดีขึ้น สำหรับการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในแหล่งน้ำธรรมชาติ สุวัฒน์ และคณะ (2541) รายงานว่าจากการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว ขนาดความยาวเปลือกเฉลี่ยตัวละ 3.75 ซม. โดยใส่ในตะแกรงทรงกระบอกบริเวณอ่าวบ้านดอน อ. กาญจนดิษฐ์ จ. สุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ ระยะเวลาการเลี้ยง 340 วัน ปรากฏว่าที่อัตราความหนาแน่น 25 ตัว/ม^{2}. มีอัตราการเจริญเติบโต 0.64 %/ตัว/วัน และที่อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ม^{2}. มีอัตราการเจริญเติบโต 0.05 %/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยความเค็มของน้ำอยู่ในช่วง 11-31 ppt ความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 7.75-8.41 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 3.7-6.0 มก./ล. และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.5-31.5 ^{0}ซ แสดงให้เห็นว่าในสภาวะแวดล้อมเดียวกันหอยที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่ำมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าที่อัตราความหนาแน่นสูง

ส่วนดรรชนีการเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองหอยที่มีขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 25 ก. มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.29 และหอยที่มีขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 100 ก. มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.24 (ตารางที่ 25) แสดงให้เห็นว่าหอยที่มีขนาดเล็กมีการเจริญเติบโตของเนื้อมากกว่าหอยขนาดใหญ่ ซึ่งดรรชนีการเจริญเติบโตเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก

ของเนื้อต่อเปลือกหอย Sphigel และคณะ (1993b) ได้เลี้ยงหอยนางรม (*C. gigas*) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากิลท์เฮด ซีบรีม ที่ผ่านบ่อตกตะกอน มีดรรชนีการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 12.34 และหอยที่เลี้ยงในน้ำที่หมุนเวียนจากบ่อเลี้ยงปลาเพียงบ่อเดียว มีดรรชนีการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 9.14 ซึ่งเป็นดรรชนีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าหอยตะโกรมกรามขาว เนื่องจากมีสารอาหารหมุนเวียนตลอดเวลาและมีการตกตะกอนของอนุภาคสารที่มีขนาดใหญ่และหอยไม่สามารถกรองกินได้ นอกจากนี้มีการไหลของน้ำทำให้การเจริญเติบโตดีกว่าระบบน้ำนิ่ง

ที่อัตราความหนาแน่น 30 ก./น้ำ 1 ล. อัตรารอดตายของหอยตะโกรมกรามขาวขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 100 ก. มากที่สุดเท่ากับ 83.05% หอยขนาดน้ำหนักเปียก 50 ก./ตัว มีอัตรารอดตายเท่ากับ 81.66% และหอยขนาดน้ำหนักเปียก 25 ก./ตัว มีอัตรารอดตายน้อยที่สุดเท่ากับ 68.59% จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าหอยที่มีขนาดเล็กมีอัตรารอดตายต่ำกว่าหอยขนาดใหญ่ ซึ่งจากการสังเกตพบว่าในถังทดลองที่ใช้หอยขนาดเล็กบรรจุใส่ในตะกร้ามีจำนวนตัวมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้หอยขนาดใหญ่ จึงมีการซ้อนทับกันมากกว่าในถังที่ใช้หอยขนาดใหญ่ ทำให้หอยในชุดการทดลองที่ใช้หอยขนาดเล็กกรองกินอาหารลำบากยิ่งขึ้น โอกาสที่หอยตายจากการทับกันก็มีมากกว่า เพราะว่ามีการแย่งกันกรองกินอาหาร และหอยที่อยู่กันอย่างหนาแน่นมากทำให้มีการสะสมตะกอนทรายแป้ง (silt) ระหว่างหอยแต่ละตัว เมื่อความเข้มข้นของตะกอนทรายแป้งสูงทำให้เป็นอุปสรรคต่อการกรองกินอาหาร (Quayle and Newkirk, 1989) ส่วนธนิษฐา (2537) ได้ใช้หอยแมลงภู่ (*Perna* sp.) ขนาดน้ำหนักเปียกตัวละ 20 ก. บำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นระยะเวลา 10 วัน ปรากฏว่าการใช้หอยหนาแน่น 1 ก./ล. มีอัตรารอดตายมากที่สุด 90.775% รองลงมาคือการใช้หอยอัตราความหนาแน่น 3, 5 และ 7 ก./ล. มีอัตรารอดตาย 89.475%, 87.273% และ 56.453% ตามลำดับ โดยเห็นได้ว่าอัตรารอดตายของหอยแมลงภู่ที่อัตราความหนาแน่น 7 ก./ล. ต่ำกว่าการใช้หอยตะโกรมกรามขาวอัตราหนาแน่น 30 ก./ล. เนื่องจากการทดลองเลี้ยงหอยแมลงภู่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทำให้มีสารอาหารอย่างจำกัด สุวัฒน์ และคณะ (2541) รายงานการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว ในกระบะที่ความหนาแน่น 25, 50, 100, 150 และ 200 ตัว/ม^2. ระยะเวลา 340 วัน พบว่าที่อัตราความหนาแน่น 25 ตัว/ม^2. มีอัตรารอดตายมากที่สุดเท่ากับ 85.6% และที่อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ม^2. มีอัตรารอดตายน้อยที่สุดเท่ากับ 68.6% ซึ่งแนวโน้มอัตรารอดตายของหอยจะเหมือนกับการทดลองนี้ ส่วนการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวของ Tan และ Wong (1994) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ บริเวณ Muka Head (รัฐปีนัง) และ Batu Lintang (รัฐเคดาห์) ประเทศมาเลเซีย มี 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 ใช้หอยขนาดความสูงของเปลือก 0.8 ซม. และชุดการทดลองที่ 2 ใช้หอยขนาดความสูงของเปลือก 1.5 ซม.นำมาติดกับก้อน

หิน โดยทั้ง 2 ชุดการทดลอง ใช้หอยซ้ำละ 500 ตัว แล้วนำไปใส่ในถุงอวนไนลอนขนาด 15×30 ซม. จากนั้นนำไปผูกในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้ง 2 บริเวณ เป็นระยะเวลา 18 เดือน ปรากฏว่าหอยมีอัตรารอดตาย 2.0 และ13.4% ตามลำดับ สาเหตุที่บริเวณ Batu Lintang มีอัตรารอดตายสูงเนื่องจากเป็นบริเวณปากแม่น้ำซึ่งมีการแลกเปลี่ยนของสารอาหารอยู่ตลอดเวลา และที่ Muka Head มีคลื่นลมแรงทำให้เป็นอุปสรรคต่อการกรองกินอาหารของหอย จนทำให้อัตรารอดตายต่ำกว่าการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง Poomtong และ Promchinda (1995) รายงานว่าจากการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในระบบน้ำหมุนเวียน ขนาดความยาวเปลือกตัวละ 1.39 มม. เลี้ยงในถังสี่เหลี่ยม ระยะเวลา 5 สัปดาห์ โดยใช้หอยเกาะติดกับท่อ น้ำหนัก 5 ก./ท่อ นำไปวางในถังสี่เหลี่ยมที่น้ำหมุนเวียนตลอดเวลา ควบคุมอัตราการไหลของน้ำ 25, 50, 75 และ 100 มล./นาที/หนักเปียก 1 ก. ปรากฏว่าอัตรารอดตายของหอยเหลือ 34, 53, 54 และ 57% ตามลำดับ เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำที่ช้าทำให้สารอาหารตกลงสู่ก้นถังมากจนหอยได้รับสารอาหารน้อยและอาจไม่เพียงพอกับความต้องการจนทำให้อัตรารอดตายต่ำ และ Lam และ Wang (1991) ได้เลี้ยงหอยนางรม (*C. virginica*) น้ำหนักตัวละ 3.59 ก. ระยะเวลา 209 วัน ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง *P. vannamei* โดยเลี้ยงแบบแขวนในถังทดลอง พบว่าที่อัตราการไหลของน้ำ 4.00 ล./วัน/น้ำหนักเปียก 1 ก. มีอัตรารอดตายมากที่สุดเท่ากับ 90.56% ที่อัตราการไหลของน้ำ 1.30 ล./วัน/น้ำหนักเปียก 1 ก. มีอัตรารอดตายเท่ากับ 73.36% และที่อัตราการไหลของน้ำ 0.45 ล./วัน/น้ำหนักเปียก 1 ก. มีอัตรารอดตายน้อยที่สุดเท่ากับ 52.12% เนื่องจากที่อัตราการไหลของน้ำ 4.00 ล./วัน/น้ำหนักหอย 1 ก. มีปริมาณออกซิเจนละลายมากที่สุดถึง 7.00 มก./ล. ซึ่งเห็นได้ว่ามีอัตรารอดตายสูงกว่าการเลี้ยงหอยในระบบน้ำนิ่ง เนื่องจากการการหมุนเวียนของน้ำในอัตราที่เหมาะสมช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำและเป็นการเลี้ยงแบบแขวนด้วยเชือกทำให้หอยไม่ซ้อนทับกันมีผลทำให้อัตรารอดตายของหอยสูงขึ้น ส่วนที่อัตราการไหลของน้ำ 0.45 ล./วัน/น้ำหนักเปียก 1 ก. มีอัตรารอดตายต่ำกว่าการใช้หอยตะโกรมกรามขาวบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง แต่หากดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้นหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำน่าจะมีอัตรารอดตายน้อยลง

การพัฒนาการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ สามารถทำได้โดย

1) ควรเลี้ยงหอยในบ่อพักน้ำทิ้ง เนื่องจากในบ่อพักน้ำตะกอนที่มีขนาดใหญ่ซึ่งหอยกรองกินไม่ได้จะตกตะกอนเหลืออยู่น้อย ทั้งนี้ควรมีบ่อพักน้ำทิ้งหลายบ่อ โดยบ่อแรกใช้พักน้ำทิ้งแต่ไม่มีการนำหอยลงเลี้ยง แล้วบ่อถัดมาจึงใช้เลี้ยงหอยแบบแขวนเพื่อไม่ให้หอยทับซ้อนกัน โดยมี

เครื่องให้อากาศช่วยให้น้ำเกิดการหมุนเวียน จนหอยสามารถกรองกินสารอาหารในน้ำไปใช้ได้อย่างเต็มที่

2) ควรนำหอยตะโกรมกรามขาวที่มีขนาดเล็กกว่า 25 ก. มาเลี้ยงในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าหอยตะโกรมกรามขาวที่มีน้ำหนักเปียกตัวละ 25 ก. มีอัตราการเจริญเติบโตของหอยดีที่สุด

บทที่ 5

สรุป

การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยใช้หอยตะโกรมกรามขาว ปรากฏว่า ที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน ชุดการทดลองที่ใช้หอยหนาแน่น 70 ก/ล. มีอัตราการตาย 10% โดยอัตราความหนาแน่นของหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./ล. เหมาะสมที่สุด และมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งได้ดีที่สุดที่ 4 วัน โดยคลอโรฟิลล์ เอ ลดลง 86.54% (ลดลงเหลือ 47.35 มค.ก./ล.) แอมโมเนียลดลง 15.56% (ลดลงเหลือ 0.034 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล.) ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดลดลง 47.26% (ลดลงเหลือ 50.00 มก./ล.) และบีโอดีลดลง 79.35%(ลดลงเหลือ 3.83 มก./ล.)

การเจริญเติบโตของหอยตะโกรมกรามขาวที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% ทุก 4 วัน โดยใช้หอยหนาแน่น 30 ก./ล. ต่างกัน 3 ขนาด คือ ขนาดน้ำหนักเปียก 25, 50 และ 100 ก./ตัว ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน ปรากฏว่า หอยขนาด 25 ก./ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด เท่ากับ 0.125 %/ตัว/วัน รองลงมาหอยขนาด 50 ก./ตัว มีอัตราการเจริญเติบโต 0.073 %/ตัว/วัน และหอยขนาด 100 ก./ตัว มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด เท่ากับ 0.021 %/ตัว/วัน ส่วนดรรชนีการเจริญเติบโตเมื่อสิ้นสุดการทดลอง หอยขนาด 25 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 1.67 รองลงมาคือหอยขนาด 50 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตเท่ากับ 1.29 และหอยขนาด 100 ก./ตัว มีดรรชนีการเจริญเติบโตต่ำสุดเท่ากับ 1.24 หากพิจารณาจากอัตรารอดตายพบว่าหอยที่มีขนาด 100 ก./ตัว มีอัตรารอดตายมากที่สุดเท่ากับ 83.05% รองลงมาคือหอยขนาด 50 ก./ตัว มีอัตรารอดตายเท่ากับ 81.66% และหอยที่มีขนาด 25 ก./ตัว มีอัตรารอดตายน้อยที่สุดเท่ากับ 68.59%

หอยตะโกรมกรามขาวสามารถบำบัดคุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์เท่านั้น ดังนั้นในการใช้หอยตะโกรมกรามขาวบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรใช้ร่วมกับการจัดการอื่นๆ เช่น ควรมีบ่อพักน้ำ เพื่อลดตัวแปรคุณภาพน้ำต่างๆ ได้ดีขึ้น ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ส่วนการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ควรจะมีการศึกษาการเลี้ยงหอยในระบบน้ำไหล หรือเลี้ยงหอยที่มีขนาดต่างๆ กัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในแต่ละสภาพและนำมาเป็นข้อมูลในการจัดการเลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาวที่เหมาะสม นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนัก หรือสารพิษ หรือจุลินทรีย์ในหอยที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ก่อนนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2538. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมประมง. 2536. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยนางรม. กรุงเทพฯ : กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมประมง. 2540. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยตะโกรมเชิงการค้า. กรุงเทพฯ : โครงการพัฒนาการผลิตหอยตะโกรมเชิงพาณิชย์ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมประมง. 2542. สถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปี 2540. กรุงเทพฯ : กองเศรษฐกิจการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. แผนที่แสดงข้อจำกัดในการกำหนดเขตให้และห้ามเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2534. การกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. กรุงเทพฯ : ฝ่ายคุณภาพน้ำ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

คณิต ไชยาคำ และดุสิต ตันวิไลย. 2535. การทดลองใช้หอยแมลงภู่และสาหร่ายผมนางบำบัดน้ำทิ้งทางชีวภาพจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2535. สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณิต ไชยาคำ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2537. แนวทางการป้องกันเพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณิต ไชยาคำ, พุทธ ส่องแสงจินดา และดุสิต ตันวิไลย. 2535. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2535. สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จรัญ จันทลักขณา. 2523. สถิติ : วิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ดุสิต ตันวิไลย, พุทธ ส่องแสงจินดา และคณิต ไชยาคำ. 2536. ปริมาณมลสารทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2536. สงขลา: สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธนิษฐา ธิรักษพันธ์. 2537. การทดลองการใช้หอยแมลงภู่เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

นริศ ธนคุ้มชีพ, สมชาติ สุขวงศ์ และสุพจน์ จึงแย้มปิ่น. 2523. การศึกษาฤดูการเกิดและความชุกชุมของลูกหอยนางรมในคลองมะรวด อำเภอปานาเร๊ะ จังหวัดปัตตานี. สงขลา : สถานีประมงจังหวัดสงขลา กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์. 2522. ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของลูกหอยนางรมวัยอ่อน (*Crassostrea lugubris*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ พรหมานนท์. 2520. ชีววิทยาบางประการและหลักการเลี้ยงหอยนางรม. สงขลา : สถานีประมงจังหวัดสงขลา กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เพราพรรณ แสงสกุล. 2529. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของฟอสเฟตที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ในทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนุวดี หังสพฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตร์เคมี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และคณิต ไชยาคำ. 2537. ผลกระทบของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2537. สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, เพิ่มศักดิ์ เพิงมาก, พุทธ ส่องแสงจินดา, ศุภโยค สุวรรณมณี และวิชาญ ชูสุวรรณ. 2532. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2532. สงขลา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศุภชัย สัมมาวุฒิ, ยาใจ เจริญวิทยากุล และชัยรัตน์ เพ็ญพิบูลรัตนา. 2525. การทดลองเลี้ยงหอยนางรมในนากุ้ง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2525. สมุทรสาคร : สถานีประมงจังหวัดสมุทรสาคร กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, อุดมผล พืชน์ไพบูลย์, เจิดจรรย์ ศิริวงศ์ และพนาลี ชีวกิดาการ. 2541. น้ำเสีย : การควบคุมและการบำบัด. สงขลา : หน่วยโสตทัศนศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สิริ ทุกข์วินาศ, บุญชู เจริญฤทธิ์ และนิวัติ สุธีมีชัยกุล. 2526. ฤดูการเกาะติดของลูกหอยนางรมขนาดเล็ก และสิ่งแวดล้อมบางประการของน้ำในท้องที่จังหวัดตรังและสตูล. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 4/2526. สตูล : สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดสตูล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุวัฒน์ ธนานุภาพไพศาล, สอรัฐ มากบุญ และรัชฎา ขาวหนูนา. 2541. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหอยตะโกรม (*Crassostrea belcheri*) ด้วยการเลี้ยงแบบต่าง ๆ. รายงานการวิจัยปี 2541. สุราษฎร์ธานี : ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อภิรักษ์ จันทวงศ์. 2536. การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) แบบพัฒนาโดยใช้สาหร่ายผมนาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Abel, P. D. 1989. Water Pollution Biology. Chichester : John Wiley and Sons.

Angell, C. L. 1985. The Biology and Culture of Tropical Oyster. Manila : International Center for Living Aquatic Resources Management.

APHA, AWWA and WPCF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition. Washington, D.C. : American Public Health Association.

Askew, C. G. 1972. The growth of oysters *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Emsworth Harbour. Aquaculture 1 : 237-259.

Barnabé, G. 1990. Aquaculture. Vol. 1. Chichester : Ellis Horwood Ltd.

Boyd, C. E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. New York : Elsevier Science Publishing Company Inc.

Boyd, C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama : Birmingham Publishing Company Inc.

Boyd, C. E. 1991. Ampirical modeling of phytoplankton growth and oxygen production in aquaculture ponds. In Aquaculture and Water Quality (eds. D. E. Burne and J. R. Jomasso) pp. 363-395. Luisiana : The World Aquaculture Society.

Briggs, M. P. 1993. Water quality in sustainable shrimp farming. In The Third Academic and Research Conference for Southern Thailand Technical Colleges. Krabi, Thailand, 23-25 July 1993. pp. 21-32.

Briggs, M. P. and S. J. Funge-Smith. 1994. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. Aquaculture and Fisheries Management 25 : 789-811.

Brohmanonda, P., K. Mutarasint, T. Chongpeepaen and S. Amornjaruchit. 1986. Oyster Culture in Thailand. Phuket : Phuket Marine Biology Center.

Chua, T. E. 1993. Environment management of coastal aquaculture development. In Environment and Aquaculture in Developing Countries. (eds. R. S. V. Pullin, H. Rosenthal and J. L. Maclean). ICLARM Conference Proceedings 31, Manila, Philippines, 6-12 June 1993. pp. 199-212.

Emerson, K. R., R. C. Russo, R. E. Lund and R.V. Thurston. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculation : Effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32 : 2379-2383.

Hambrey, J. and C. K. Lin. 1998. Shrimp Culture in Thailand. Bangkok : Asian Institute of Technology.

Harrison, R. M. 1990. Pollution, Cause, Effect, Control. 2 nd edition. New York : Royal Society of Chemical.

Hawkins, A. J. S., R. F. M. Smith, S. H. Tan and Z. B. Yazin. 1998. Suspension feeding behaviour in tropical bivalve molluscs : *Perna viridis, Crassostrea belcheri, Crassostrea iradelei, Saccostrea cucculata and Pinctada margarifera.* Marine Ecology Progress Series 166 : 173-185.

Helfrich, L. A., M. Zimmerman and D. L. Weigmann. 1995. Control of suspended solids and phytoplankton with fishes and mussel. Water Resources Bulletin 31 : 307-316.

Huner, J. V. and E. E. Brown. 1985. Crustacean and Mollusk Aquaculture in the United States. Louisiana : Avi Publishing Company Inc.

Jakob, G. S. and J. K. Wang. 1994. The effect of manual handling on oyster growth in land-based cultivation. Journal of Shellfish Research 13 : 183-186.

Jakob, G. S., G. D. Pruder and J. K. Wang. 1993. Growth trial with the American oyster *Crassostrea virginica* using shrimp pond water as food . Journal of the World Aquaculture Society 24 : 344-351.

Jogenson, C.B. 1990. Bivalve Filter Feeding : Hydrodynamics, Bioenergetics, Physiology and Ecology. Fredensberg : Olsen and Olsen.

Karl, M. M. and C. M. Yonge. 1964. Physiology of Mollusca. London : Academic Press Inc.

Lam, C. Y. and J. K. Wang. 1991. The effects of feed water flow rate on the growth of aquacultured *Crassostrea virginica* in Hawaii. Aquaculture Engineering 9 : 116-132.

Lei, J., B. S. Payne and S. Y. Wang. 1996. Filtration dynamics of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Science 53 : 29-39.

Macintosh, D. J. and M. J. Phillips. 1992. Environment issues in shrimp farming. In Shrimp' 92 Hong Kong. (eds. H. de Saram and T. Singh). pp. 118-145. Kuala Lumpur : INFOFISH.

Morton, J. E. 1979. Molluscs. London : Hutchinson Co., Ltd.

Nagabhushanam, R. and U. H. Mane. 1991. Oyster in India. In Estuarine and Marine Bivalve Mollusk Culture. (ed. W. Menzel). pp. 202-207. Florida : CRC Press Inc.

Phillips, M. J. 1995. Shrimp culture and environment. In Towards Sustainable Aquaculture in Southeast Asia and Japan. (eds. T. U. Bagarinao and E. E. C. Flores). pp. 37-62. Iloilo : SEAFDEC Aquaculture Development.

Poomtong, T. and K. Promchinda. 1995. Growth and survival rate of oyster spat (*Crassostrea belcheri* Sowerby) as a function of flow rates recirculated upwelling system. Proceedings of the Fifth Workshop of the Tropical Marine Mollusc Programme. Sam-Ratulangi, Indonesia, 12-23 September 1995. pp 51-54.

Pruder, G. D. 1987. Detrital and algal based chains in aquaculture : a perspective. In Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. (eds. D. J. W. Moriarty and R. S. V. Pullin). pp. 296-308. Manila : International Center for Living Aquatic Resources Management.

Purchon, R. D. 1977. The Biology of the Mollusca. 2nd edition. Oxford : Pergamon Press Ltd.

Quayle, D. B. 1980. Tropical Oysters : Culture and Method. Ottawa : The International Development Research Center.

Quayle, D. B. and G. F. Newkirk.1989. Farming Bivalve Molluscs : Methods for Study and Development. Luisiana : The World Aquaculture Society.

Roduhouse, P. G. and M. O'kelly. 1981. Flow requirement of the oyster *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg in an upwelling column system of culture. Aquaculture 22 : 1-10.

Sadacharan, D. H. 1982. Sri Lunka-Country reports. In Bivalve Culture in Asia and the Pacific. (eds. F. Davy and M. Graham). Proceedings of a Workshop Held in Singapore. 16-19 February 1982. pp. 71-72.

Saleuddin, A. S. M. and K. M. Wilbur. 1983. The Mollusca. Vol. 5. New York : Academic Press Inc.

Saraya, A. 1982. Thailand-Country reports. In Bivalve Culture in Asia and the Pacific. (eds. F. Davy and M. Graham). Proceedings of a Workshop Held in Singapore. 16-19 February 1982. pp. 73-78.

Shpigel, M. and R. A. Blaylock. 1991. The Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) as a biological filter for marine fish aquaculture pond. Aquaculture 92 : 187-197.

Shpigel, M., A. Gasith and E. Kimmel. 1997. A biomechanical filter for treating fish-pond effluents. Aquaculture 152 : 103-117.

Shpigel, M., A. Neori, D. M. Popper and H. Gordin. 1993a. A proposed model for "environmentally clean" land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. Aquaculture 117 : 115-128.

Shpigel, M., J. Lee, B. Soohoo, R. Fridman and H. Gordin. 1993b. Use of effluent water from fish pond as a food source for the Pacific oyster *Crassostrea gigas* Thunberg. Aquaculture and Fisheries Management 24 : 529-543.

Silas, E. G., K. Alagarswami, K. A. Narasimham, K. K. Appukuttan and P. Muthiah. 1982. India-Country reports. In Bivalve Culture in Asia and the Pacific. (eds. F. Davy and M. Graham). Proceedings of a Workshop Held in Singapore. 16-19 February 1982. pp. 34-43.

Spencer, B. E. 1988. Growth and filtration of juvenile oysters in experimental outdoor pumps upwelling system. Aquaculture 75 : 175-186.

Stickney, R. R. 1994. Principles of Aquaculture. New York : John Wiley and Sons.

Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. 2nd edition. Ottawa : Fisheries Research Board of Canada.

Tan, S. H. and T. M. Wong. 1994. Comparative growth and survival of hatchery produced *Crassostrea belcheri* seeds at marine and an estuarine site. Phuket Marine Biological Center Special Publication 13 : 217-221.

Wetzel, R. G. 1975. Limnology. Philadelphia : W. B. Saunders Company.

Yamaguchi, Y., S. Rakkheaw, S. Angsupanich and Y. Aruga. 1994. Seasonal changes of the phytoplankton chlorophyll *a* and their relation to the suspended solid in Thale Sap Songkhla, Thailand. La mer 32 : 31-39.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ตารางผลการทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ 1 ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ (มค.ก./ล.) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	347.02	201.00	160.08	106.50	24.50	3.29	3.29	3.68
T1R2	384.51	368.91	350.42	252.06	127.75	24.02	2.91	3.73
T1R3	364.72	440.28	397.16	127.50	41.79	23.63	7.66	3.29
ค่าเฉลี่ย	365.42	336.73	302.56	162.02	64.68	16.98	4.62	3.57
S.E.	8.84	57.91	59.20	37.09	26.07	5.59	1.24	0.11
T2R1	359.23	324.46	168.93	59.19	16.34	14.67	25.34	19.14
T2R2	353.43	374.84	354.92	97.72	11.56	7.70	19.39	16.48
T2R3	339.16	203.33	150.02	61.14	12.43	24.06	7.65	3.67
ค่าเฉลี่ย	350.61	300.88	224.62	72.68	13.45	15.48	17.46	13.10
S.E.	4.87	41.56	53.38	10.23	1.20	3.87	4.24	3.90
T3R1	370.88	405.54	390.07	138.26	34.11	36.95	33.67	5.57
T3R2	375.39	244.25	225.43	47.38	11.45	35.74	31.83	4.41
T3R3	338.03	160.00	91.51	46.74	11.45	31.20	48.71	6.25
ค่าเฉลี่ย	361.44	269.93	235.67	77.46	19.01	34.63	38.07	5.41
S.E.	9.61	58.82	70.49	24.82	6.17	1.43	4.37	0.44
T4R1	358.79	298.11	162.85	34.67	5.35	8.81	8.43	2.18
T4R2	344.41	245.38	247.39	47.92	10.93	8.88	16.95	6.20
T4R3	353.97	265.25	347.44	59.46	15.98	19.52	25.82	3.73
ค่าเฉลี่ย	352.39	269.58	252.56	47.35	10.75	12.40	17.07	4.04
S.E.	3.45	12.55	43.56	5.85	2.51	2.90	4.10	0.96

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	337.13	254.74	249.40	68.11	2.16	5.47	8.48	2.57
T5R2	328.27	210.84	165.33	79.82	5.35	9.21	11.00	2.57
T5R3	362.56	266.75	262.16	48.92	7.90	15.93	23.59	4.45
ค่าเฉลี่ย	342.66	244.11	225.63	65.62	5.14	10.20	14.36	3.19
S.E.	8.39	13.87	24.80	7.35	1.36	2.50	3.82	0.51
T6R1	392.10	125.44	100.00	22.53	4.82	10.70	15.55	8.91
T6R2	363.05	205.65	115.23	28.06	3.02	12.88	9.64	6.30
T6R3	365.36	261.51	129.20	24.05	3.25	4.02	6.20	2.52
ค่าเฉลี่ย	373.50	197.53	114.81	24.88	3.70	9.20	10.46	5.91
S.E.	7.61	32.24	6.88	1.35	0.46	2.18	2.23	1.51
T7R1	318.99	208.06	77.06	22.60	2.18	5.13	5.19	1.45
T7R2	260.40	198.13	68.05	20.79	2.56	4.07	10.66	3.29
T7R3	362.40	289.18	81.33	26.96	7.70	5.52	4.07	2.95
ค่าเฉลี่ย	313.93	231.79	75.48	23.45	4.15	4.91	6.64	2.57
S.E.	24.13	23.55	3.20	1.50	1.45	0.35	1.66	0.46
T8R1	345.96	92.88	91.38	20.99	3.63	5.86	6.30	2.23
T8R2	370.01	109.84	68.19	12.21	4.70	8.48	2.57	3.63
T8R3	345.86	66.82	57.71	25.52	6.25	19.13	2.52	2.52
ค่าเฉลี่ย	353.95	89.85	72.42	19.58	4.86	11.16	3.80	2.80
S.E.	6.56	10.21	8.12	3.19	0.62	3.31	1.02	0.35

T5 = หอย 40 ก./ล.
T6 = หอย 50 ก./ล.
T7 = หอย 60 ก./ล.
T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 2 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย (มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล.) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	0.045	0.007	0.010	0.006	0.008	0.014	0.007	0.006
T1R2	0.033	0.026	0.002	0.001	0.001	0.002	0.004	0.004
T1R3	0.021	0.012	0.004	0.002	0.003	0.004	0.004	0.003
ค่าเฉลี่ย	0.033	0.015	0.005	0.003	0.004	0.007	0.005	0.004
S.E.	0.006	0.005	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.001
T2R1	0.031	0.008	0.006	0.014	0.017	0.019	0.003	0.004
T2R2	0.030	0.009	0.006	0.007	0.013	0.011	0.002	0.007
T2R3	0.045	0.014	0.036	0.066	0.044	0.033	0.011	0.060
ค่าเฉลี่ย	0.035	0.010	0.016	0.029	0.025	0.021	0.005	0.024
S.E.	0.004	0.002	0.008	0.015	0.008	0.005	0.002	0.015
T3R1	0.021	0.007	0.004	0.014	0.021	0.043	0.006	0.013
T3R2	0.044	0.027	0.014	0.030	0.038	0.085	0.004	0.014
T3R3	0.030	0.010	0.020	0.045	0.022	0.056	0.015	0.045
ค่าเฉลี่ย	0.032	0.015	0.013	0.030	0.027	0.061	0.008	0.024
S.E.	0.005	0.005	0.004	0.007	0.004	0.010	0.003	0.009
T4R1	0.052	0.014	0.017	0.027	0.036	0.050	0.007	0.038
T4R2	0.054	0.003	0.007	0.038	0.030	0.064	0.007	0.034
T4R3	0.029	0.009	0.014	0.038	0.050	0.050	0.014	0.022
ค่าเฉลี่ย	0.045	0.009	0.013	0.034	0.039	0.055	0.009	0.031
S.E.	0.007	0.003	0.002	0.003	0.005	0.004	0.002	0.004

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	0.062	0.024	0.036	0.079	0.057	0.080	0.013	0.091
T5R2	0.041	0.020	0.025	0.033	0.009	0.057	0.008	0.072
T5R3	0.022	0.015	0.028	0.070	0.079	0.042	0.009	0.028
ค่าเฉลี่ย	0.042	0.020	0.030	0.061	0.048	0.060	0.010	0.064
S.E.	0.009	0.002	0.003	0.011	0.017	0.009	0.001	0.015
T6R1	0.031	0.035	0.052	0.098	0.075	0.026	0.011	0.078
T6R2	0.040	0.036	0.062	0.097	0.053	0.078	0.031	0.086
T6R3	0.047	0.039	0.053	0.038	0.104	0.073	0.012	0.039
ค่าเฉลี่ย	0.039	0.037	0.056	0.078	0.077	0.059	0.018	0.067
S.E.	0.004	0.001	0.003	0.016	0.012	0.014	0.005	0.012
T7R1	0.052	0.041	0.056	0.059	0.086	0.027	0.007	0.034
T7R2	0.040	0.039	0.166	0.120	0.161	0.125	0.020	0.043
T7R3	0.055	0.039	0.048	0.110	0.067	0.029	0.003	0.019
ค่าเฉลี่ย	0.049	0.040	0.090	0.096	0.105	0.060	0.010	0.032
S.E.	0.004	0.001	0.031	0.015	0.023	0.026	0.004	0.006
T8R1	0.063	0.040	0.097	0.094	0.046	0.015	0.006	0.019
T8R2	0.038	0.038	0.061	0.098	0.069	0.008	0.002	0.018
T8R3	0.038	0.066	0.140	0.201	0.145	0.176	0.022	0.074
ค่าเฉลี่ย	0.046	0.048	0.099	0.131	0.087	0.066	0.010	0.037
S.E.	0.007	0.007	0.019	0.029	0.024	0.045	0.005	0.015

T5 = หอย 40 ก./ล. R1 = ซ้ำที่ 1

T6 = หอย 50 ก./ล. R2 = ซ้ำที่ 2

T7 = หอย 60 ก./ล. R3 = ซ้ำที่ 3

T8 = หอย 70 ก./ล.

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความเข้มข้นของไนเตรท (มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล.) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	0.0069	0.0077	0.0076	0.0083	0.0098	0.0164	0.0163	0.0080
T1R2	0.0060	0.0025	0.0026	0.0029	0.0076	0.0061	0.0055	0.0019
T1R3	0.0072	0.0059	0.0032	0.0018	0.0058	0.0077	0.0039	0.0027
ค่าเฉลี่ย	0.0067	0.0054	0.0045	0.0043	0.0077	0.0101	0.0086	0.0042
S.E.	0.0003	0.0012	0.0013	0.0016	0.0009	0.0026	0.0032	0.0016
T2R1	0.0050	0.0049	0.0056	0.0345	0.0688	0.1795	0.0029	0.0018
T2R2	0.0074	0.0061	0.0028	0.0057	0.0226	0.0695	0.0035	0.0039
T2R3	0.0058	0.0068	0.0054	0.0390	0.0252	0.0300	0.0049	0.0030
ค่าเฉลี่ย	0.0061	0.0059	0.0046	0.0264	0.0389	0.0930	0.0038	0.0029
S.E.	0.0006	0.0005	0.0007	0.0085	0.0122	0.0365	0.0005	0.0005
T3R1	0.0073	0.0053	0.0049	0.0074	0.0485	0.2062	0.7691	0.0520
T3R2	0.0069	0.0083	0.0038	0.0080	0.0361	0.1592	0.1572	0.0218
T3R3	0.0067	0.0071	0.0045	0.0273	0.0496	0.1902	0.4317	0.0096
ค่าเฉลี่ย	0.0070	0.0069	0.0044	0.0142	0.0447	0.1852	0.4527	0.0278
S.E.	0.0001	0.0007	0.0003	0.0053	0.0035	0.0113	0.1445	0.0103
T4R1	0.0059	0.0184	0.0310	0.1678	0.2113	1.5966	1.1634	0.2195
T4R2	0.0067	0.0182	0.0143	0.0952	0.4517	2.6455	1.1165	0.5713
T4R3	0.0075	0.0083	0.0127	0.0420	0.0547	0.7183	1.2063	0.2184
ค่าเฉลี่ย	0.0067	0.0150	0.0193	0.1017	0.2392	1.6535	1.1621	0.3364
S.E.	0.0004	0.0027	0.0048	0.0298	0.0943	0.4548	0.0212	0.0959

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	0.0092	0.0145	0.0176	0.1284	0.0548	1.8994	0.9509	0.1303
T5R2	0.0059	0.0217	0.0698	0.2543	0.3061	1.6393	1.9670	0.5304
T5R3	0.0079	0.0249	0.0684	0.1894	0.3863	1.3882	1.5338	0.1360
ค่าเฉลี่ย	0.0077	0.0204	0.0519	0.1907	0.2491	1.6423	1.4839	0.2656
S.E.	0.0008	0.0025	0.0140	0.0297	0.0815	0.1205	0.2404	0.1081
T6R1	0.0089	0.0434	0.2015	0.6090	1.2096	3.9969	2.8240	0.3315
T6R2	0.0065	0.0315	0.0773	0.2770	0.6413	2.4862	1.3922	0.1153
T6R3	0.0101	0.0370	0.0754	0.3535	0.2215	2.0891	0.8317	0.9841
ค่าเฉลี่ย	0.0085	0.0373	0.1181	0.4132	0.6908	2.8574	1.6826	0.4770
S.E.	0.0009	0.0028	0.0341	0.0820	0.2338	0.4745	0.4843	0.2132
T7R1	0.0131	0.0369	0.2099	0.5258	0.9797	4.8768	3.7558	0.6875
T7R2	0.0094	0.0232	0.0604	0.3900	0.4119	7.1210	5.0831	5.3963
T7R3	0.0077	0.0580	0.2049	0.6453	0.7360	4.8639	5.1163	4.2160
ค่าเฉลี่ย	0.0101	0.0394	0.1584	0.5204	0.7092	5.6206	4.6517	3.4333
S.E.	0.0013	0.0083	0.0400	0.0602	0.1343	0.6126	0.3658	1.1550
T8R1	0.0065	0.0701	0.1817	0.8083	0.8856	5.2510	3.4809	1.9916
T8R2	0.0079	0.0585	0.2092	0.7823	0.9074	5.6286	5.7749	6.5825
T8R3	0.0095	0.0267	0.0403	0.3018	0.4009	3.9519	4.8373	5.1253
ค่าเฉลี่ย	0.0080	0.0518	0.1437	0.6308	0.7313	4.9438	4.6977	4.5665
S.E.	0.0007	0.0106	0.0427	0.1345	0.1350	0.4146	0.5437	1.1059

T5 = หอย 40 ก./ล.
T6 = หอย 50 ก./ล.
T7 = หอย 60 ก./ล.
T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของไนไตรท์ (มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล.) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	0.0017	0.0016	0.0014	0.0020	0.0033	0.0201	0.0243	0.0025
T1R2	0.0010	0.0007	0.0013	0.0020	0.0022	0.0047	0.0032	0.0043
T1R3	0.0013	0.0003	0.0018	0.0020	0.0007	0.0030	0.0021	0.0043
ค่าเฉลี่ย	0.0013	0.0009	0.0015	0.0020	0.0021	0.0093	0.0099	0.0037
S.E.	0.0002	0.0003	0.0001	0.0000	0.0006	0.0044	0.0059	0.0005
T2R1	0.0010	0.0010	0.0036	0.0105	0.0339	0.0711	0.0032	0.0071
T2R2	0.0027	0.0016	0.0018	0.0027	0.0124	0.0205	0.0053	0.0046
T2R3	0.0024	0.0010	0.0047	0.0453	0.0564	0.0741	0.0028	0.0036
ค่าเฉลี่ย	0.0020	0.0012	0.0034	0.0195	0.0342	0.0552	0.0038	0.0051
S.E.	0.0004	0.0002	0.0007	0.0107	0.0104	0.0142	0.0006	0.0008
T3R1	0.0044	0.0013	0.0018	0.0105	0.0284	0.0933	0.1063	0.0021
T3R2	0.0007	0.0007	0.0025	0.0160	0.0564	0.1821	0.1239	0.0014
T3R3	0.0024	0.0023	0.0069	0.0272	0.0783	0.2633	0.3278	0.0213
ค่าเฉลี่ย	0.0025	0.0014	0.0037	0.0179	0.0544	0.1796	0.1860	0.0083
S.E.	0.0009	0.0004	0.0013	0.0040	0.0118	0.0401	0.0580	0.0053
T4R1	0.0017	0.0049	0.0163	0.0847	0.2257	0.3790	0.8873	0.0511
T4R2	0.0024	0.0016	0.0123	0.0456	0.1238	0.2449	0.9366	0.2791
T4R3	0.0010	0.0026	0.0062	0.0316	0.0910	0.1811	1.0140	0.2841
ค่าเฉลี่ย	0.0017	0.0030	0.0116	0.0540	0.1468	0.2683	0.9460	0.2048
S.E.	0.0003	0.0008	0.0024	0.0130	0.0331	0.0476	0.0301	0.0627

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	0.0007	0.0003	0.0185	0.1184	0.4988	0.8218	3.5703	0.8167
T5R2	0.0007	0.0055	0.0423	0.1596	0.4587	0.5669	2.0351	0.5326
T5R3	0.0027	0.0062	0.0311	0.1371	0.5170	0.7950	2.1619	0.4439
ค่าเฉลี่ย	0.0014	0.0040	0.0306	0.1384	0.4915	0.7279	2.5891	0.5977
S.E.	0.0005	0.0015	0.0056	0.0097	0.0141	0.0660	0.4017	0.0918
T6R1	0.0037	0.0095	0.0695	0.2818	1.0121	1.4994	3.6970	0.9055
T6R2	0.0010	0.0082	0.0514	0.2208	0.7791	1.2344	4.4892	1.0830
T6R3	0.0010	0.0065	0.0337	0.2358	0.6225	1.7007	7.8342	4.5628
ค่าเฉลี่ย	0.0019	0.0081	0.0515	0.2461	0.8046	1.4782	5.3401	2.1838
S.E.	0.0007	0.0007	0.0084	0.0150	0.0924	0.1102	1.0352	0.9721
T7R1	0.0010	0.0059	0.0745	0.3192	0.9793	1.9187	5.7216	4.7049
T7R2	0.0047	0.0055	0.0590	0.3042	0.9429	4.5251	15.1050	16.4049
T7R3	0.0013	0.0144	0.0760	0.3580	0.7718	2.3313	8.2567	7.8829
ค่าเฉลี่ย	0.0023	0.0086	0.0698	0.3271	0.8980	2.9250	9.6944	9.6642
S.E.	0.0010	0.0024	0.0044	0.0131	0.0522	0.6604	2.2882	2.8520
T8R1	0.0010	0.0127	0.1053	0.6585	1.4781	3.4047	11.4960	16.3694
T8R2	0.0007	0.0088	0.0955	0.5223	1.3288	2.9888	8.1510	11.4692
T8R3	0.0010	0.0072	0.0380	0.2436	0.6043	3.0357	18.3971	18.1448
ค่าเฉลี่ย	0.0009	0.0096	0.0796	0.4748	1.1371	3.1431	12.6814	15.3278
S.E.	0.0001	0.0013	0.0171	0.0997	0.2203	0.1074	2.4630	1.6299

T5 = หอย 40 ก./ล.

T6= หอย 50 ก./ล.

T7 = หอย 60 ก./ล.

T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1

R2 = ซ้ำที่ 2

R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของฟอสเฟต (มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล.) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	0.0016	0.0050	0.0048	0.0047	0.0031	0.0046	0.0032	0.0045
T1R2	0.0016	0.0017	0.0048	0.0047	0.0031	0.0046	0.0032	0.0076
T1R3	0.0016	0.0000	0.0048	0.0047	0.0047	0.0031	0.0081	0.0060
ค่าเฉลี่ย	0.0016	0.0022	0.0048	0.0047	0.0036	0.0041	0.0048	0.0060
S.E.	0.0000	0.0012	0.0000	0.0000	0.0004	0.0004	0.0013	0.0007
T2R1	0.0016	0.0017	0.0048	0.0063	0.0062	0.0092	0.0161	0.0212
T2R2	0.0032	0.0042	0.0079	0.0063	0.0140	0.0108	0.0048	0.0121
T2R3	0.0016	0.0033	0.0063	0.0047	0.0000	0.0046	0.0032	0.0045
ค่าเฉลี่ย	0.0021	0.0031	0.0063	0.0058	0.0067	0.0082	0.0080	0.0126
S.E.	0.0004	0.0006	0.0007	0.0004	0.0033	0.0015	0.0033	0.0039
T3R1	0.0032	0.0033	0.0063	0.0032	0.0047	0.0092	0.0113	0.0076
T3R2	0.0016	0.0033	0.0063	0.0047	0.0062	0.0077	0.0048	0.0030
T3R3	0.0016	0.0033	0.0063	0.0063	0.0047	0.0046	0.0129	0.0136
ค่าเฉลี่ย	0.0021	0.0033	0.0063	0.0047	0.0052	0.0072	0.0097	0.0081
S.E.	0.0004	0.0000	0.0000	0.0007	0.0004	0.0011	0.0020	0.0025
T4R1	0.0016	0.0033	0.0063	0.0047	0.0109	0.0139	0.0073	0.0544
T4R2	0.0016	0.0033	0.0063	0.0047	0.0062	0.0077	0.0032	0.0151
T4R3	0.0016	0.0017	0.0063	0.0047	0.0047	0.0062	0.0048	0.0091
ค่าเฉลี่ย	0.0016	0.0028	0.0063	0.0047	0.0073	0.0093	0.0051	0.0262
S.E.	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0015	0.0019	0.0010	0.0116

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	0.0016	0.0033	0.0079	0.0063	0.0047	0.0031	0.0032	0.0181
T5R2	0.0016	0.0017	0.0079	0.0095	0.0062	0.0092	0.0097	0.0378
T5R3	0.0016	0.0033	0.0048	0.0047	0.0109	0.0108	0.0032	0.0136
ค่าเฉลี่ย	0.0016	0.0028	0.0069	0.0068	0.0073	0.0077	0.0054	0.0232
S.E.	0.0000	0.0004	0.0008	0.0012	0.0015	0.0019	0.0018	0.0061
T6R1	0.0016	0.0017	0.0063	0.0079	0.0047	0.0046	0.0016	0.0257
T6R2	0.0016	0.0033	0.0063	0.0126	0.0047	0.0031	0.0016	0.0227
T6R3	0.0032	0.0050	0.0063	0.0095	0.0109	0.0185	0.0210	0.1331
ค่าเฉลี่ย	0.0021	0.0033	0.0063	0.0100	0.0068	0.0087	0.0081	0.0605
S.E.	0.0004	0.0008	0.0000	0.0011	0.0017	0.0040	0.0053	0.0296
T7R1	0.0016	0.0033	0.0048	0.0063	0.0156	0.0185	0.0258	0.2329
T7R2	0.0016	0.0033	0.0111	0.0174	0.1649	0.2401	0.4005	0.8062
T7R3	0.0016	0.0033	0.0079	0.0047	0.0078	0.0246	0.0452	0.0560
ค่าเฉลี่ย	0.0016	0.0033	0.0079	0.0095	0.0628	0.0944	0.1572	0.3650
S.E.	0.0000	0.0000	0.0015	0.0033	0.0417	0.0595	0.0994	0.1849
T8R1	0.0016	0.0033	0.0063	0.0079	0.0513	0.1031	0.1453	0.2889
T8R2	0.0032	0.0033	0.0063	0.0079	0.0482	0.0677	0.0824	0.1694
T8R3	0.0016	0.0116	0.0079	0.0126	0.1416	0.1016	0.3214	0.8485
ค่าเฉลี่ย	0.0021	0.0061	0.0068	0.0095	0.0804	0.0908	0.1830	0.4356
S.E.	0.0004	0.0023	0.0004	0.0013	0.0250	0.0094	0.0584	0.1709

T5 = หอย 40 ก./ล.

T6= หอย 50 ก./ล.

T7 = หอย 60 ก./ล.

T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1

R2 = ซ้ำที่ 2

R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มก./ล.) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	99.00	51.33	69.33	61.00	50.50	33.00	40.67	45.67
T1R2	96.00	72.67	105.33	79.00	66.50	42.00	47.00	73.00
T1R3	83.00	88.67	93.33	68.50	41.60	37.33	39.67	49.00
ค่าเฉลี่ย	92.67	70.89	89.33	69.50	52.87	37.44	42.45	55.89
S.E.	4.01	8.83	8.64	4.26	5.95	2.12	1.87	7.03
T2R1	90.00	74.00	68.67	48.50	40.00	36.00	63.33	51.00
T2R2	102.00	50.67	85.33	60.50	48.40	18.00	48.00	73.67
T2R3	100.00	51.33	48.50	52.40	38.00	41.33	42.00	48.67
ค่าเฉลี่ย	97.33	58.67	67.50	53.80	42.13	31.78	51.11	57.78
S.E.	3.03	6.26	8.69	2.89	2.60	5.76	5.19	6.51
T3R1	95.00	83.33	82.00	68.00	53.60	50.67	42.33	53.67
T3R2	87.00	45.33	60.00	69.50	44.40	38.00	44.67	34.67
T3R3	92.00	48.00	56.00	48.50	39.60	32.00	49.00	42.67
ค่าเฉลี่ย	91.33	58.89	66.00	62.00	45.87	40.22	45.33	43.67
S.E.	1.91	10.00	6.60	5.52	3.35	4.49	1.60	4.50
T4R1	94.00	40.67	57.33	44.00	39.20	42.00	57.33	43.67
T4R2	96.00	76.67	66.00	61.50	42.40	33.00	44.33	44.00
T4R3	94.00	74.67	70.67	44.50	42.00	50.67	61.67	40.00
ค่าเฉลี่ย	94.67	64.00	64.67	50.00	41.20	41.89	54.44	42.56
S.E.	0.54	9.54	3.19	4.70	0.82	4.17	4.25	1.05

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 6 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	96.00	65.33	61.33	44.50	30.40	11.33	52.40	41.67
T5R2	91.00	64.00	54.67	59.50	32.40	34.00	41.33	44.00
T5R3	97.00	75.33	65.33	48.50	56.00	29.67	47.00	40.67
ค่าเฉลี่ย	94.67	68.22	60.44	50.83	39.60	25.00	46.91	42.11
S.E.	1.52	2.92	2.54	3.66	6.71	5.67	2.61	0.81
T6R1	108.00	58.00	42.00	52.00	34.00	41.00	36.67	50.33
T6R2	99.00	60.67	52.67	58.50	32.40	32.33	39.00	45.00
T6R3	96.00	61.33	42.67	56.00	37.67	46.67	56.00	42.33
ค่าเฉลี่ย	101.00	60.00	45.78	55.50	34.69	40.00	43.89	45.89
S.E.	2.94	0.83	2.82	1.55	1.27	3.40	4.97	1.92
T7R1	87.00	59.33	53.33	61.50	27.33	24.33	56.67	45.67
T7R2	96.00	54.00	50.67	47.50	29.67	26.00	61.00	45.67
T7R3	98.00	63.33	55.33	60.00	24.67	41.33	56.67	42.67
ค่าเฉลี่ย	93.67	58.89	53.11	56.33	27.22	30.55	58.11	44.67
S.E.	2.76	2.21	1.10	3.62	1.18	4.42	1.18	0.82
T8R1	107.00	47.50	35.50	41.20	28.00	48.33	42.33	44.00
T8R2	94.00	50.00	37.50	36.00	37.67	23.33	48.67	39.33
T8R3	96.00	60.50	42.00	38.80	29.67	50.33	41.33	53.00
ค่าเฉลี่ย	99.00	52.67	38.33	38.67	31.78	40.66	44.11	45.44
S.E.	3.30	3.25	1.57	1.23	2.44	7.09	1.88	3.28

T5 = หอย 40 ก./ล.
T6 = หอย 50 ก./ล.
T7 = หอย 60 ก./ล.
T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 7 ความเข้มข้นของบีโอดี (มก./ล.) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	22.00	31.00	24.00	21.00	12.00	8.00	2.50	7.00
T1R2	22.00	32.00	36.00	28.00	31.00	20.00	3.00	8.00
T1R3	29.00	40.00	44.00	17.00	12.00	10.00	4.50	8.00
ค่าเฉลี่ย	24.33	34.33	34.67	22.00	18.33	12.67	3.33	7.67
S.E.	1.91	2.33	4.75	2.62	5.17	3.03	0.49	0.27
T2R1	17.00	26.00	19.00	6.00	10.00	8.00	5.50	7.50
T2R2	15.00	29.00	35.00	12.00	5.00	3.00	5.50	9.00
T2R3	20.00	12.00	5.00	3.00	6.00	5.00	3.00	3.50
ค่าเฉลี่ย	17.33	22.33	19.67	7.00	7.00	5.33	4.67	6.67
S.E.	1.19	4.28	7.08	2.16	1.25	1.19	0.68	1.34
T3R1	18.00	27.00	28.00	3.00	8.00	10.00	10.00	2.50
T3R2	20.00	27.00	24.00	5.50	7.00	17.00	4.50	3.50
T3R3	22.00	15.00	13.00	3.50	5.00	6.00	8.50	4.00
ค่าเฉลี่ย	20.00	23.00	21.67	4.00	6.67	11.00	7.67	3.33
S.E.	0.94	3.27	3.66	0.62	0.72	2.62	1.34	0.36
T4R1	19.00	31.00	13.00	3.50	5.00	2.00	5.50	3.00
T4R2	20.00	24.00	31.00	4.00	5.00	4.00	6.00	4.00
T4R3	17.00	27.00	29.00	4.00	3.00	6.00	8.50	3.50
ค่าเฉลี่ย	18.67	27.33	24.33	3.83	4.33	4.00	6.67	3.50
S.E.	0.72	1.66	4.65	0.14	0.54	0.94	0.76	0.24

T1 = ชุดควบคุม

T2 = หอย 10 ก./ล.

T3 = หอย 20 ก./ล.

T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1

R2 = ซ้ำที่ 2

R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 7 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	18.00	22.00	20.00	8.00	2.00	3.00	4.00	3.00
T5R2	26.00	24.00	10.00	5.00	6.00	3.00	4.50	3.00
T5R3	18.00	21.00	20.00	6.00	3.00	7.00	6.50	2.50
ค่าเฉลี่ย	20.67	22.33	16.67	6.33	3.67	4.33	5.00	2.83
S.E.	2.18	0.72	2.72	0.72	0.98	1.09	0.62	0.14
T6R1	21.00	12.00	6.00	6.00	5.00	5.00	4.50	3.00
T6R2	19.00	17.00	8.00	14.00	3.00	7.00	4.50	4.50
T6R3	24.00	18.00	9.00	8.00	2.00	8.00	2.00	3.50
ค่าเฉลี่ย	21.33	15.67	7.67	9.33	3.33	6.67	3.67	3.67
S.E.	1.19	1.52	0.72	1.96	0.72	0.72	0.68	0.36
T7R1	21.00	18.00	6.00	5.00	4.00	5.00	4.50	4.00
T7R2	34.00	17.00	9.00	11.00	1.00	6.00	4.00	5.00
T7R3	22.00	26.00	5.00	6.00	3.00	3.00	4.00	7.50
ค่าเฉลี่ย	25.67	20.33	6.67	7.33	2.67	4.67	4.17	5.50
S.E.	3.41	2.33	0.98	1.52	0.72	0.72	0.14	0.85
T8R1	20.00	15.00	2.00	8.00	5.00	7.00	5.50	3.00
T8R2	22.00	16.00	7.00	3.00	6.00	7.00	4.50	0.50
T8R3	20.00	18.00	8.00	9.00	9.00	10.00	2.50	9.00
ค่าเฉลี่ย	20.67	16.33	5.67	6.67	6.67	8.00	4.17	4.17
S.E.	0.54	0.72	1.52	1.52	0.98	0.82	0.72	2.06

T5 = หอย 40 ก./ล.
T6 = หอย 50 ก./ล.
T7 = หอย 60 ก./ล.
T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 8 ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา ที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	8.47	7.90	7.80	7.70	7.65	7.81	7.89	7.90
T1R2	8.54	8.74	7.91	7.65	7.36	7.62	7.82	7.73
T1R3	8.01	8.58	8.13	7.48	7.45	7.80	7.90	7.75
ค่าเฉลี่ย	8.34	8.41	7.95	7.61	7.49	7.74	7.87	7.79
S.E.	0.14	0.21	0.08	0.05	0.07	0.05	0.02	0.04
T2R1	8.53	8.14	7.80	7.67	7.58	7.74	7.89	7.62
T2R2	8.52	8.19	7.98	7.66	7.52	7.72	7.80	7.57
T2R3	8.47	7.62	7.65	7.81	7.74	7.97	7.89	8.23
ค่าเฉลี่ย	8.51	7.98	7.81	7.71	7.61	7.81	7.86	7.81
S.E.	0.02	0.15	0.08	0.04	0.05	0.07	0.02	0.17
T3R1	8.16	7.96	7.74	7.74	7.57	7.69	7.63	7.87
T3R2	8.46	7.90	7.92	7.72	7.62	7.93	7.97	7.98
T3R3	8.25	7.66	7.61	7.75	7.53	7.89	7.73	8.18
ค่าเฉลี่ย	8.29	7.84	7.76	7.74	7.57	7.84	7.78	8.01
S.E.	0.07	0.07	0.07	0.01	0.02	0.06	0.08	0.07
T4R1	8.54	8.10	7.72	7.74	7.60	7.77	7.99	7.67
T4R2	8.45	7.40	7.42	7.74	7.53	7.83	7.88	7.81
T4R3	8.53	8.02	7.85	7.69	7.60	7.72	7.77	7.73
ค่าเฉลี่ย	8.51	7.84	7.66	7.72	7.58	7.77	7.88	7.74
S.E.	0.02	0.18	0.10	0.01	0.02	0.03	0.05	0.03

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 8 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	8.58	7.91	7.81	7.80	7.60	7.81	7.92	7.99
T5R2	8.39	8.02	7.59	7.76	7.63	7.76	7.88	7.75
T5R3	8.19	7.88	7.70	7.75	7.66	7.77	7.73	7.64
ค่าเฉลี่ย	8.39	7.94	7.70	7.77	7.63	7.78	7.84	7.79
S.E.	0.09	0.03	0.05	0.01	0.01	0.01	0.05	0.08
T6R1	8.24	7.72	7.59	7.80	7.69	7.82	7.85	7.79
T6R2	8.62	7.82	7.61	7.78	7.70	7.92	8.00	7.78
T6R3	8.56	7.80	7.54	7.79	7.71	7.72	7.87	7.32
ค่าเฉลี่ย	8.47	7.78	7.58	7.79	7.70	7.82	7.91	7.63
S.E.	0.10	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.04	0.13
T7R1	8.59	7.79	7.62	7.80	7.73	7.76	7.87	7.53
T7R2	8.33	7.50	7.66	7.72	7.64	7.78	7.68	7.18
T7R3	8.57	8.00	7.57	7.79	7.59	7.66	7.80	7.56
ค่าเฉลี่ย	8.50	7.76	7.62	7.77	7.65	7.73	7.78	7.42
S.E.	0.07	0.12	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.10
T8R1	8.58	7.59	7.72	7.80	7.27	7.63	7.80	7.41
T8R2	8.62	7.64	7.63	7.79	7.56	7.66	7.83	7.55
T8R3	8.56	7.65	7.70	7.77	7.53	7.78	7.68	7.27
ค่าเฉลี่ย	8.59	7.63	7.68	7.79	7.45	7.69	7.77	7.41
S.E.	0.01	0.02	0.02	0.01	0.08	0.04	0.04	0.07

T5 = หอย 40 ก./ล.
T6 = หอย 50 ก./ล.
T7 = หอย 60 ก./ล.
T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 9 ความเค็มของน้ำ (ppt) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T1R2	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T1R3	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2R1	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T2R2	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T2R3	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T3R1	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T3R2	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T3R3	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T4R1	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T4R2	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T4R3	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 9 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T5R2	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T5R3	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T6R1	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T6R2	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T6R3	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T7R1	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T7R2	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T7R3	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T8R1	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T8R2	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
T8R3	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
ค่าเฉลี่ย	14.00	14.00	14.00	16.00	16.00	17.00	20.00	22.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T5 = หอย 40 ก./ล.
T6 = หอย 50 ก./ล.
T7 = หอย 60 ก./ล.
T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 10 อุณหภูมิน้ำ (°ซ) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่บำบัดด้วยหอยตะโกรมกรามขาวขนาด 25 ก./ตัว ที่ 8 ระดับความหนาแน่น

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T1R1	32.20	30.50	29.80	29.00	29.00	30.00	29.00	30.00
T1R2	32.20	30.20	28.80	28.10	29.40	29.60	30.00	30.00
T1R3	32.20	30.20	29.80	29.00	29.80	30.00	30.00	30.50
ค่าเฉลี่ย	32.20	30.30	29.47	28.70	29.40	29.87	29.67	30.17
S.E.	0.00	0.08	0.27	0.24	0.19	0.11	0.27	0.14
T2R1	32.20	30.50	28.80	28.20	29.50	29.50	30.00	30.20
T2R2	32.20	30.50	29.00	28.50	29.80	29.90	29.80	30.20
T2R3	32.50	30.80	29.00	29.20	29.20	30.00	29.40	30.60
ค่าเฉลี่ย	32.30	30.60	28.93	28.63	29.50	29.80	29.73	30.33
S.E.	0.08	0.08	0.05	0.24	0.14	0.12	0.14	0.11
T3R1	32.20	28.80	28.80	29.00	29.00	29.80	28.20	28.90
T3R2	32.20	32.00	30.00	29.00	29.80	30.00	30.40	30.50
T3R3	32.50	30.00	28.90	29.30	29.00	30.00	28.50	29.80
ค่าเฉลี่ย	32.30	30.27	29.23	29.10	29.27	29.93	29.03	29.75
S.E.	0.08	0.76	0.31	0.08	0.22	0.05	0.56	0.38
T4R1	32.20	30.50	29.00	28.30	29.80	30.00	29.80	30.00
T4R2	32.80	31.00	29.80	29.50	29.80	31.00	30.00	30.60
T4R3	32.20	30.20	29.20	29.00	29.80	30.00	29.80	30.00
ค่าเฉลี่ย	32.40	30.57	29.33	28.93	29.80	30.33	29.87	30.20
S.E.	0.16	0.19	0.20	0.28	0.00	0.27	0.05	0.16

T1 = ชุดควบคุม
T2 = หอย 10 ก./ล.
T3 = หอย 20 ก./ล.
T4 = หอย 30 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 10 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)							
	0	1	2	4	6	8	10	16
T5R1	32.20	30.80	29.80	29.50	29.20	30.00	29.60	30.00
T5R2	32.20	30.90	28.90	28.10	29.20	29.60	30.00	30.20
T5R3	32.20	29.40	28.80	29.00	29.00	29.80	29.00	29.40
ค่าเฉลี่ย	32.20	30.37	29.17	28.87	29.13	29.80	29.53	29.87
S.E.	0.00	0.40	0.26	0.33	0.05	0.09	0.24	0.20
T6R1	32.20	30.00	28.90	28.60	29.20	30.00	29.00	30.00
T6R2	32.50	30.80	29.80	29.50	29.20	30.00	29.40	30.60
T6R3	32.20	30.20	29.20	28.70	29.80	30.00	29.80	30.00
ค่าเฉลี่ย	32.30	30.33	29.30	28.93	29.40	30.00	29.40	30.20
S.E.	0.08	0.20	0.22	0.23	0.16	0.00	0.19	0.16
T7R1	32.20	30.00	29.00	29.20	29.20	30.00	29.40	30.00
T7R2	32.50	29.50	29.00	29.00	29.00	29.80	28.20	29.40
T7R3	32.20	30.20	28.80	28.10	29.80	29.80	29.80	30.00
ค่าเฉลี่ย	32.30	29.90	28.93	28.77	29.33	29.87	29.13	29.80
S.E.	0.08	0.17	0.05	0.28	0.20	0.05	0.39	0.16
T8R1	32.20	30.00	29.20	28.70	29.90	30.00	29.80	30.00
T8R2	32.20	30.20	29.00	28.20	29.80	29.90	29.80	30.00
T8R3	32.50	30.80	29.00	29.50	29.20	30.00	29.20	30.00
ค่าเฉลี่ย	32.30	30.33	29.07	28.80	29.63	29.97	29.60	30.00
S.E.	0.08	0.20	0.05	0.31	0.18	0.03	0.16	0.00

T5 = หอย 40 ก./ล.
T6 = หอย 50 ก./ล.
T7 = หอย 60 ก./ล.
T8 = หอย 70 ก./ล.

R1 = ซ้ำที่ 1
R2 = ซ้ำที่ 2
R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความหนาแน่นของหอยกับตัวแปรคุณภาพน้ำต่างๆ

พารามิเตอร์	ระยะเวลาการทดลอง (วัน)						
	1	2	4	6	8	10	16
1. คลอโรฟิลล์ เอ	-0.671**	-0.685**	-0.722**	-0.556**	-0.469*	-0.339	-0.373
2. แอมโมเนีย	0.796**	0.768**	0.815**	0.755**	0.418*	0.348	0.484*
3. ไนเตรท	0.851**	0.767**	0.866**	0.784**	0.896**	0.883**	0.703**
4. ไนไตรท์	0.822**	0.882**	0.879**	0.905**	0.869**	0.813**	0.762**
5. ฟอสเฟต	0.377	0.436*	0.583**	0.541**	0.543**	0.541**	0.592**
6. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	-0.261	-0.785**	-0.571**	-0.708**	-0.003	0.122	-0.402
7. บีโอดี	-0.637**	-0.748**	-0.389	-0.531**	-0.320	-0.147	-0.353
8. ความเป็นกรด-ด่าง	-0.595**	-0.579**	-0.662**	0.100	-0.243	0.231	-0.608**
9. อุณหภูมิน้ำ	-0.146	-0.190	0.046	0.043	0.072	-0.128	-0.194

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P<0.05$)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ($P<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระยะเวลาการทดลอง 1 วัน

พารามิเตอร์	คลอโรฟิลล์ เอ	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ไนไตรท์	ฟอสเฟต	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	บีโอดี	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิน้ำ
1. คลอโรฟิลล์ เอ	1.000	-0.585**	-0.571**	-0.530**	-0.471*	0.570**	0.785**	0.756**	-0.168
2. แอมโมเนีย	-0.585**	1.000	0.663**	0.670**	0.535**	-0.288	-0.488*	-0.290	0.039
3. ไนเตรท	-0.571**	0.663**	1.000	0.933**	0.136	-0.293	-0.516**	-0.435*	-0.160
4. ไนไตรท์	-0.530**	0.670**	0.933**	1.000	0.193	-0.280	-0.474*	-0.359	-0.212
5. ฟอสเฟต	-0.464*	0.535**	0.136	0.193	1.000	-0.301	-0.283	-0.407*	0.144
6. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	0.570**	-0.288	-0.293	-0.280	-0.301	1.000	0.418*	0.404	-0.321
7. บีโอดี	0.785**	-0.488*	-0.516**	-0.474*	-0.283	0.418*	1.000	0.789**	0.097
8. ความเป็นกรด-ด่าง	0.756**	-0.290	-0.435*	-0.359	-0.407*	0.404	0.789**	1.000	-0.015
9. อุณหภูมิน้ำ	-0.168	0.039	-0.160	-0.212	0.144	-0.321	0.097	-0.015	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P<0.05$)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ($P<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน

พารามิเตอร์	คลอโรฟิลล์ เอ	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ไนไตรท์	ฟอสเฟต	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	บีโอดี	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิน้ำ
1. คลอโรฟิลล์ เอ	1.000	-0.664**	-0.605**	-0.682**	-0.283	0.867**	0.909**	0.659**	0.173
2. แอมโมเนีย	-0.664**	1.000	0.419*	0.641**	0.627**	-0.642**	-0.633**	-0.332	-0.146
3. ไนเตรท	-0.605**	0.420*	1.000	0.936**	0.055	-0.602**	-0.663**	-0.463*	-0.282
4. ไนไตรท์	-0.682**	0.641**	0.963**	1.000	0.251	-0.701**	-0.733**	-0.485*	-0.227
5. ฟอสเฟต	-0.283	0.627**	0.055	0.251	1.000	-0.328	-0.304	-0.219	-0.102
6. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	0.867**	-0.642**	-0.601**	-0.701**	-0.328	1.000	0.909**	0.669**	0.077
7. บีโอดี	0.909**	-0.633**	-0.663**	-0.733**	-0.304	0.909**	1.000	0.689**	0.321
8. ความเป็นกรด-ด่าง	0.659**	-0.332	-0.464*	-0.485*	-0.219	0.669**	0.689**	1.000	0.230
9. อุณหภูมิน้ำ	0.173	-0.146	-0.282	-0.227	-0.102	0.077	0.321	0.230	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P<0.05$)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ($P<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระยะเวลาการทดลอง 4 วัน

พารามิเตอร์	คลอโรฟิลล์ เอ	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ไนไตรท์	ฟอสเฟต	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	บีโอดี	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิน้ำ
1. คลอโรฟิลล์ เอ	1.000	-0.608**	-0.589**	-0.577*	-0.418*	0.683**	0.673**	-0.591**	-0.213
2. แอมโมเนีย	-0.608**	1.000	0.620**	0.649**	0.632**	-0.595**	-0.232	0.556**	0.272
3. ไนเตรท	-0.589**	0.620**	1.000	0.969**	0.386	-0.437*	-0.248	0.556**	-0.259
4. ไนไตรท์	-0.577*	0.649**	0.969**	1.000	0.453*	-0.493*	-0.210	0.545**	-0.168
5. ฟอสเฟต	-0.418*	0.632**	0.396	0.453*	1.000	-0.360	0.080	0.230	0.147
6. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	0.683**	-0.595**	-0.437*	-0.493*	-0.360	1.000	0.500*	-0.442*	-0.091
7. บีโอดี	0.673**	-0.232	-0.248	-0.210	0.080	0.500*	1.000	-0.525**	-0.090
8. ความเป็นกรด-ด่าง	-0.591**	0.556**	0.556**	0.545**	0.230	-0.442*	-0.525**	1.000	0.126
9. อุณหภูมิน้ำ	-0.213	0.272	-0.259	-0.168	0.147	-0.091	-0.090	0.126	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P<0.05$)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ($P<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระยะเวลาการทดลอง 6 วัน

พารามิเตอร์	คลอโรฟิลล์ เอ	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ไนไตรท์	ฟอสเฟต	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	บีโอดี	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิน้ำ
1. คลอโรฟิลล์ เอ	1.000	-0.443*	-0.378	-0.430*	-0.200	0.710**	0.940**	-0.484*	-0.017
2. แอมโมเนีย	-0.443*	1.000	0.442**	0.597**	0.766**	-0.510*	-0.456*	0.334	-0.187
3. ไนเตรท	-0.378	0.442**	1.000	0.876**	0.213	-0.550	-0.321	0.092	0.052
4. ไนไตรท์	-0.430*	0.597**	0.876**	1.000	0.431*	-0.631**	-0.392	0.000	0.048
5. ฟอสเฟต	-0.206	0.766**	0.213	0.431*	1.000	-0.362	-0.141	-0.120	-0.169
6. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	0.710**	-0.510*	-0.550**	-0.631**	-0.361	1.000	0.640**	-0.218	-0.086
7. บีโอดี	0.940**	-0.456*	-0.321	-0.392	-0.141	0.640**	1.000	-0.499*	-0.025
8. ความเป็นกรด-ด่าง	-0.484*	0.334	0.092	0.000	-0.120	-0.218	-0.499*	1.000	-0.393
9. อุณหภูมิน้ำ	-0.017	-0.187	0.052	0.048	-0.169	-0.086	-0.025	-0.393	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P<0.05$)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ($P<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระยะเวลาการทดลอง 8 วัน

พารามิเตอร์	คลอโรฟิลล์ เอ	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ไนไตรท์	ฟอสเฟต	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	บีโอดี	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิน้ำ
1. คลอโรฟิลล์ เอ	1.000	0.049	-0.569**	-0.465*	-0.284	0.384	0.588**	0.294	-0.113
2. แอมโมเนีย	0.049	1.000	0.283	0.397	0.476*	0.092	0.000	0.333	0.175
3. ไนเตรท	-0.569**	0.283	1.000	0.937**	0.720**	-0.118	-0.299	-0.286	0.101
4. ไนไตรท์	-0.465*	0.397	0.937**	1.000	0.846**	-0.021	-0.147	-0.298	-0.055
5. ฟอสเฟต	-0.284	0.476*	0.720**	0.846**	1.000	-0.031	-0.026	-0.204	-0.090
6. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	0.384	0.092	-0.118	-0.021	-0.031	1.000	0.331	-0.174	-0.036
7. บีโอดี	0.588**	0.000	-0.299	-0.147	-0.026	0.331	1.000	-0.082	-0.235
8. ความเป็นกรด-ด่าง	0.294	0.333	-0.286	-0.298	-0.204	-0.174	-0.082	1.000	0.342
9. อุณหภูมิน้ำ	-0.113	0.175	0.101	-0.055	-0.090	-0.036	-0.235	0.342	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P<0.05$)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ($P<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน

พารามิเตอร์	คลอโรฟิลล์ เอ	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ไนไตรท์	ฟอสเฟต	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	บีโอดี	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิน้ำ
1. คลอโรฟิลล์ เอ	1.000	-0.014	-0.408*	0.447*	-0.255	0.077	0.782**	-0.356	-0.284
2. แอมโมเนีย	-0.014	1.000	0.163	0.418*	0.400*	-0.095	-0.088	0.362	-0.432*
3. ไนเตรท	-0.408*	0.163	1.000	0.831**	0.664**	0.152	-0.175	-0.185	-0.194
4. ไนไตรท์	-0.447*	0.418*	0.831**	1.000	0.868**	0.111	-0.366	0.431*	-0.228
5. ฟอสเฟต	-0.255	0.400*	0.664**	0.868**	1.000	0.152	-0.238	0.340	-0.382
6. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	0.077	-0.095	0.152	0.111	0.152	1.000	0.116	-0.236	0.071
7. บีโอดี	0.782**	-0.088	-0.175	-0.366	-0.238	0.116	1.000	-0.475*	-0.305
8. ความเป็นกรด-ด่าง	-0.356	0.362	-0.185	0.431*	0.340	-0.236	0.475*	1.000	0.209
9. อุณหภูมิน้ำ	-0.284	-0.432*	-0.194	-0.228	-0.382	0.071	-0.305	-0.209	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P<0.05$)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ($P<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ระยะเวลาการทดลอง 16 วัน

พารามิเตอร์	คลอโรฟิลล์ เอ	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ไนไตรท์	ฟอสเฟต	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	บีโอดี	ความเป็นกรด-ด่าง	อุณหภูมิน้ำ
1. คลอโรฟิลล์ เอ	1.000	-0.236	-0.266	-0.312	-0.250	0.454*	0.357	0.056	0.117
2. แอมโมเนีย	-0.236	1.000	0.050	0.101	0.224	-0.235	-0.290	0.115	0.139
3. ไนเตรท	-0.266	0.050	1.000	0.865**	0.731**	-0.165	0.005	-0.627**	-0.212
4. ไนไตรท์	-0.312	0.101	0.865**	1.000	0.874**	-0.114	0.054	-0.731**	-0.227
5. ฟอสเฟต	-0.250	0.224	0.731**	0.874**	1.000	0.000	0.195	-0.701**	-0.266
6. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	0.454*	-0.235	-0.165	-0.114	0.000	1.000	0.626**	-0.101	-0.044
7. บีโอดี	0.357	-0.290	0.005	0.054	0.195	0.626**	1.000	-0.220	0.213
8. ความเป็นกรด-ด่าง	0.056	0.115	-0.627**	-0.731**	-0.701**	-0.101	-0.220	1.000	0.264
9. อุณหภูมิน้ำ	0.117	0.139	-0.212	-0.227	-0.266	-0.044	-0.213	0.264	1.000

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% ($P<0.05$)

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ($P<0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 19 อัตราการตายของหอยตะโกรมกรามขาวในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา โดยใช้หอยขนาด 25 ก./ตัว ด้วย 8 ระดับความหนาแน่น เป็นเวลา 16 วัน

ชุดการทดลอง	จำนวนหอยเริ่มต้นการทดลอง (ตัว)	จำนวนหอยที่ตาย (ตัว)	อัตราการตาย (%)
T1R1	0	0	0
T1R2	0	0	0
T1R3	0	0	0
ค่าเฉลี่ย	0	0	0
S.E.	0	0	0
T2R1	11	0	0
T2R2	11	0	0
T2R3	11	0	0
ค่าเฉลี่ย	11	0	0
S.E.	0	0	0
T3R1	21	0	0
T3R2	21	0	0
T3R3	22	0	0
ค่าเฉลี่ย	21.33	0	0
S.E.	0.27	0	0
T4R1	31	0	0
T4R2	33	0	0
T4R3	33	0	0
ค่าเฉลี่ย	32.33	0	0
S.E.	0.54	0	0

T1=ชุดควบคุม T2=หอย 10 ก./ล. T3=หอย 20 ก./ล. T4=หอย 30 ก./ล.

R1=ซ้ำที่ 1 R2=ซ้ำที่ 2 R3=ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 19 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	จำนวนหอยเริ่มต้นการทดลอง (ตัว)	จำนวนหอยที่ตาย (ตัว)	อัตราการตาย (%)
T5R1	44	0	0
T5R2	43	0	0
T5R3	43	0	0
ค่าเฉลี่ย	43.33	0	0
S.E.	0.27	0	0
T6R1	56	1	1.79
T6R2	53	2	3.77
T6R3	55	0	0
ค่าเฉลี่ย	54.57	1	1.85
S.E.	0.72	0.47	0.89
T7R1	64	0	0
T7R2	67	6	8.96
T7R3	65	0	0
ค่าเฉลี่ย	65.33	2	2.99
S.E.	0.72	1.63	2.44
T8R1	76	0	0
T8R2	77	1	1.3
T8R3	78	12	15.38
ค่าเฉลี่ย	77	4.33	5.56
S.E.	0.47	3.14	4.02

T5=หอย 40 ก./ล. T6=หอย 50 ก./ล. T7=หอย 60 ก./ล. T8=หอย 70 ก./ล.

R1=ซ้ำที่ 1 R2=ซ้ำที่ 2 R3=ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 20 ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ (มค.ก./ล.) ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	40.54	27.13	25.64	6.80	62.32	3.49	68.11	2.21	78.28	2.85	48.77	1.98	40.23	4.36	36.86	4.36
T1R2	37.36	24.56	35.95	4.62	65.08	3.29	67.75	1.80	84.92	2.18	46.59	3.29	46.39	6.81	44.50	5.03
T1R3	37.63	22.38	34.85	5.96	63.34	2.88	80.65	1.80	71.65	2.18	42.23	2.65	43.56	3.55	30.79	4.80
ค่าเฉลี่ย	38.51	24.69	32.15	5.79	63.58	3.22	72.17	1.94	78.28	2.40	45.86	2.64	43.39	4.91	37.38	4.73
S.E.	0.83	1.12	2.67	0.52	0.66	0.15	3.46	0.11	3.13	0.18	1.57	0.31	1.45	0.80	3.24	0.16
T2R1	35.32	1.74	22.72	1.51	43.45	2.18	45.11	2.85	63.68	3.05	33.95	2.38	37.95	1.51	31.48	0.87
T2R2	38.52	1.77	19.05	1.10	47.79	2.42	55.06	3.29	65.54	4.80	41.01	1.95	37.65	1.97	27.98	0.87
T2R3	39.52	1.74	23.85	1.54	47.56	1.54	66.31	2.44	63.68	4.36	43.76	1.95	42.30	1.74	37.98	0.44
ค่าเฉลี่ย	37.79	1.75	21.87	1.38	46.27	2.05	55.49	2.86	64.30	4.07	39.57	2.09	39.30	1.74	32.48	0.73
S.E.	1.03	0.01	1.18	0.12	1.15	0.21	5.00	0.20	0.51	0.43	2.39	0.12	1.23	0.11	2.39	0.12
T3R1	40.70	1.97	20.55	1.54	47.56	2.18	47.87	3.52	55.48	3.29	40.13	2.41	40.13	1.54	26.09	0.87
T3R2	40.83	0.88	23.85	0.90	49.77	1.51	49.27	5.06	59.43	2.85	41.73	2.62	34.99	1.13	36.57	0.87
T3R3	43.15	1.51	26.75	1.72	55.88	2.62	50.54	4.39	63.80	3.72	48.05	2.18	35.87	1.31	33.40	0.67
ค่าเฉลี่ย	41.56	1.45	23.72	1.39	51.07	2.10	49.23	4.32	59.57	3.29	43.30	2.40	37.00	1.33	32.02	0.80
S.E.	0.65	0.26	1.46	0.20	2.03	0.26	0.63	0.36	1.96	0.21	1.97	0.10	1.30	0.10	2.53	0.05
T4R1	40.70	2.41	24.57	1.31	55.06	1.74	50.54	5.06	55.89	3.93	38.32	2.18	35.82	1.72	31.52	0.44
T4R2	37.34	2.41	37.11	1.98	53.32	2.15	58.86	3.52	57.52	2.85	33.88	1.74	44.20	1.71	27.25	1.10
T4R3	38.64	2.39	25.69	1.10	58.55	2.59	52.40	3.49	62.98	2.65	32.35	1.95	34.80	1.51	25.84	0.67
ค่าเฉลี่ย	38.89	2.40	29.12	1.46	55.64	2.16	53.93	4.02	58.80	3.14	34.85	1.96	38.27	1.65	28.20	0.74
S.E.	0.80	0.01	3.27	0.22	1.26	0.20	2.06	0.42	1.75	0.32	1.46	0.10	2.43	0.06	1.39	0.16

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 20 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	24.70	3.19	69.45	1.54	66.30	8.58	15.02	1.34	17.46	1.10	36.53	5.05	25.11	2.01
T1R2	21.06	1.71	72.19	2.36	31.00	7.24	16.08	0.47	19.59	0.90	40.30	4.21	29.27	1.80
T1R3	23.89	2.18	60.72	1.54	66.93	5.50	12.41	1.11	15.28	0.46	36.23	3.31	25.24	1.37
ค่าเฉลี่ย	23.22	2.36	67.45	1.81	54.74	7.11	14.50	0.97	17.44	0.82	37.69	4.19	26.54	1.73
S.E.	0.90	0.36	2.82	0.22	9.69	0.73	0.89	0.21	1.02	0.15	1.07	0.41	1.11	0.15
T2R1	19.22	0.64	47.94	0.26	49.28	0.47	6.59	0.00	10.86	0.41	28.57	0.84	18.61	0.03
T2R2	22.43	0.64	55.63	0.26	59.50	0.70	6.59	0.00	11.25	0.00	32.21	0.90	22.24	0.06
T2R3	18.54	0.44	55.72	0.03	52.57	0.47	7.70	0.03	12.36	1.08	31.52	0.67	16.48	0.03
ค่าเฉลี่ย	20.06	0.57	53.10	0.18	53.78	0.55	6.96	0.01	11.49	0.50	30.77	0.80	19.11	0.04
S.E.	0.98	0.05	2.11	0.06	2.46	0.06	0.30	0.01	0.37	0.26	0.91	0.06	1.37	0.01
T3R1	21.70	0.21	48.43	0.70	50.63	1.10	7.70	0.00	12.37	0.21	28.61	0.70	19.72	0.03
T3R2	21.70	0.20	53.04	0.26	54.79	0.46	8.04	0.00	11.59	0.00	30.06	0.93	23.06	0.03
T3R3	18.88	0.64	61.49	0.49	59.50	0.70	8.43	0.26	14.84	0.20	32.25	1.33	22.63	0.23
ค่าเฉลี่ย	20.76	0.35	54.32	0.48	54.97	0.75	8.06	0.09	12.93	0.14	30.31	0.99	21.80	0.10
S.E.	0.77	0.12	3.12	0.10	2.09	0.15	0.17	0.07	0.80	0.06	0.86	0.15	0.86	0.05
T4R1	22.38	0.44	50.61	0.49	51.50	0.47	8.04	0.00	11.98	0.00	28.61	0.26	17.88	0.03
T4R2	23.16	0.41	56.88	0.46	54.41	0.46	9.15	0.00	12.37	0.18	30.71	0.26	18.62	0.23
T4R3	19.61	0.20	51.24	0.70	50.39	0.23	9.11	0.00	10.91	0.20	27.55	0.67	20.11	0.03
ค่าเฉลี่ย	21.72	0.35	52.91	0.55	52.10	0.39	8.77	0.00	11.75	0.13	28.96	0.40	18.87	0.10
S.E.	0.88	0.06	1.63	0.06	0.98	0.06	0.30	0.00	0.36	0.05	0.76	0.11	0.54	0.05

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 21 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย (มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ล.) ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	0.133	0.116	0.047	0.016	0.037	0.006	0.018	0.005	0.035	0.007	0.056	0.004	0.025	0.006	0.032	0.005
T1R2	0.129	0.106	0.054	0.007	0.023	0.005	0.018	0.003	0.035	0.010	0.051	0.003	0.020	0.010	0.033	0.008
T1R3	0.142	0.113	0.089	0.006	0.038	0.006	0.017	0.004	0.031	0.006	0.036	0.002	0.023	0.004	0.034	0.004
ค่าเฉลี่ย	0.135	0.112	0.064	0.010	0.033	0.005	0.018	0.004	0.034	0.007	0.047	0.003	0.023	0.007	0.033	0.005
S.E.	0.003	0.002	0.011	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.005	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
T2R1	0.150	0.113	0.063	0.007	0.026	0.004	0.016	0.007	0.031	0.008	0.039	0.004	0.020	0.007	0.028	0.013
T2R2	0.127	0.118	0.081	0.004	0.022	0.004	0.016	0.006	0.030	0.009	0.033	0.005	0.020	0.007	0.032	0.013
T2R3	0.126	0.117	0.088	0.008	0.019	0.007	0.022	0.004	0.025	0.006	0.040	0.003	0.019	0.005	0.031	0.012
ค่าเฉลี่ย	0.134	0.116	0.077	0.006	0.022	0.005	0.018	0.006	0.029	0.008	0.037	0.004	0.020	0.006	0.030	0.013
S.E.	0.006	0.001	0.006	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
T3R1	0.115	0.098	0.077	0.002	0.030	0.008	0.018	0.004	0.026	0.007	0.040	0.005	0.019	0.004	0.027	0.010
T3R2	0.133	0.126	0.052	0.009	0.021	0.008	0.017	0.006	0.029	0.008	0.044	0.004	0.019	0.007	0.029	0.012
T3R3	0.129	0.107	0.068	0.006	0.042	0.010	0.020	0.005	0.026	0.010	0.042	0.004	0.023	0.005	0.029	0.004
ค่าเฉลี่ย	0.126	0.110	0.066	0.006	0.031	0.009	0.018	0.005	0.027	0.008	0.042	0.004	0.021	0.005	0.028	0.009
S.E.	0.005	0.007	0.006	0.002	0.005	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002
T4R1	0.139	0.121	0.084	0.007	0.036	0.008	0.020	0.004	0.027	0.007	0.037	0.004	0.019	0.005	0.031	0.006
T4R2	0.135	0.110	0.106	0.003	0.015	0.009	0.020	0.004	0.019	0.005	0.027	0.003	0.022	0.004	0.027	0.008
T4R3	0.124	0.123	0.068	0.002	0.019	0.009	0.021	0.005	0.031	0.005	0.030	0.004	0.019	0.005	0.032	0.006
ค่าเฉลี่ย	0.133	0.118	0.086	0.004	0.023	0.009	0.020	0.004	0.026	0.005	0.031	0.004	0.020	0.004	0.030	0.007
S.E.	0.004	0.003	0.009	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 21 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	0.025	0.006	0.016	0.006	0.126	0.005	0.099	0.003	0.060	0.003	0.027	0.005	0.027	0.002
T1R2	0.028	0.011	0.020	0.007	0.120	0.026	0.128	0.036	0.099	0.011	0.031	0.011	0.037	0.003
T1R3	0.025	0.011	0.022	0.006	0.118	0.008	0.091	0.009	0.064	0.003	0.027	0.005	0.031	0.002
ค่าเฉลี่ย	0.026	0.010	0.019	0.006	0.121	0.013	0.106	0.016	0.074	0.006	0.028	0.007	0.032	0.002
S.E.	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.006	0.009	0.008	0.010	0.002	0.001	0.002	0.002	0.000
T2R1	0.022	0.006	0.019	0.006	0.094	0.002	0.086	0.004	0.054	0.004	0.019	0.006	0.028	0.004
T2R2	0.023	0.006	0.016	0.007	0.093	0.003	0.074	0.007	0.057	0.003	0.021	0.004	0.033	0.003
T2R3	0.027	0.005	0.013	0.008	0.101	0.002	0.096	0.005	0.056	0.003	0.021	0.005	0.031	0.003
ค่าเฉลี่ย	0.024	0.006	0.016	0.007	0.096	0.002	0.086	0.005	0.056	0.003	0.020	0.005	0.031	0.003
S.E.	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
T3R1	0.023	0.006	0.015	0.005	0.085	0.003	0.093	0.005	0.058	0.003	0.023	0.009	0.032	0.002
T3R2	0.024	0.007	0.015	0.006	0.085	0.002	0.081	0.005	0.056	0.002	0.023	0.005	0.040	0.002
T3R3	0.035	0.007	0.016	0.009	0.117	0.003	0.099	0.007	0.072	0.004	0.027	0.008	0.032	0.003
ค่าเฉลี่ย	0.027	0.007	0.015	0.007	0.096	0.003	0.091	0.006	0.062	0.003	0.024	0.007	0.035	0.002
S.E.	0.003	0.000	0.000	0.001	0.009	0.000	0.004	0.000	0.004	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000
T4R1	0.023	0.004	0.018	0.006	0.083	0.003	0.098	0.008	0.058	0.004	0.018	0.005	0.032	0.003
T4R2	0.026	0.004	0.012	0.006	0.077	0.003	0.097	0.004	0.054	0.004	0.020	0.008	0.030	0.003
T4R3	0.027	0.006	0.016	0.006	0.094	0.003	0.094	0.007	0.063	0.004	0.023	0.008	0.043	0.003
ค่าเฉลี่ย	0.025	0.005	0.015	0.006	0.085	0.003	0.096	0.007	0.059	0.004	0.021	0.007	0.035	0.003
S.E.	0.001	0.001	0.002	0.000	0.004	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.003	0.000

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 22 ความเข้มข้นของไนเตรท (มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน/ล.) ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	0.077	0.307	0.499	0.440	0.180	0.325	0.412	2.614	1.486	3.325	1.689	3.300	1.757	3.503	2.377	2.828
T1R2	0.061	0.701	0.255	0.168	0.167	0.460	0.363	2.635	1.339	3.231	1.623	3.001	1.484	2.732	1.640	1.929
T1R3	0.079	0.414	0.183	0.129	0.135	0.525	0.431	2.507	1.449	3.207	1.685	3.151	1.613	3.660	2.116	2.992
ค่าเฉลี่ย	0.073	0.474	0.312	0.245	0.161	0.437	0.402	2.585	1.425	3.254	1.666	3.151	1.618	3.298	2.044	2.583
S.E.	0.005	0.096	0.078	0.080	0.011	0.048	0.017	0.032	0.036	0.029	0.017	0.070	0.064	0.234	0.176	0.270
T2R1	0.043	2.112	0.882	3.311	1.482	5.485	3.004	7.575	3.706	7.449	4.131	7.807	4.162	8.939	5.627	7.841
T2R2	0.048	1.813	1.405	4.323	1.671	5.127	2.995	7.842	3.923	7.733	4.065	7.922	4.078	8.863	4.945	7.553
T2R3	0.057	1.746	0.867	4.144	1.748	5.422	3.059	8.031	4.248	8.119	4.304	8.040	4.241	9.116	5.134	8.060
ค่าเฉลี่ย	0.049	1.891	1.051	3.926	1.634	5.345	3.019	7.816	3.959	7.767	4.167	7.923	4.160	8.973	5.235	7.818
S.E.	0.003	0.092	0.144	0.255	0.065	0.090	0.016	0.108	0.129	0.158	0.058	0.055	0.038	0.061	0.166	0.120
T3R1	0.087	1.072	0.719	1.529	1.209	4.393	2.479	5.742	3.154	6.037	3.271	6.371	3.377	7.823	4.802	6.880
T3R2	0.051	1.142	0.637	2.252	1.197	4.322	2.476	5.825	3.200	6.329	3.426	6.454	4.040	8.118	4.595	6.715
T3R3	0.053	1.509	1.469	2.361	1.047	4.498	1.535	5.777	2.957	6.103	3.172	6.206	3.228	7.819	4.100	6.666
ค่าเฉลี่ย	0.064	1.241	0.941	2.047	1.151	4.404	2.163	5.782	3.104	6.156	3.290	6.344	3.548	7.920	4.499	6.753
S.E.	0.010	0.111	0.216	0.213	0.043	0.042	0.257	0.020	0.061	0.072	0.060	0.060	0.204	0.081	0.170	0.053
T4R1	0.048	0.593	0.424	2.834	1.064	3.905	2.161	6.817	3.701	6.748	3.811	6.961	4.019	8.779	4.826	7.801
T4R2	0.048	0.980	0.206	2.364	1.338	3.677	2.356	6.564	3.911	7.541	4.645	8.315	4.368	9.555	5.713	8.547
T4R3	0.045	0.919	0.765	2.394	0.794	4.106	2.519	6.488	3.185	6.646	3.681	6.916	3.565	8.018	4.611	7.556
ค่าเฉลี่ย	0.047	0.831	0.465	2.531	1.065	3.896	2.345	6.623	3.599	6.978	4.046	7.397	3.984	8.784	5.050	7.968
S.E.	0.001	0.098	0.133	0.124	0.128	0.101	0.084	0.081	0.176	0.231	0.247	0.375	0.190	0.362	0.275	0.243

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 22 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	1.780	2.303	1.495	2.330	1.475	3.987	2.222	5.573	2.905	5.048	2.556	2.979	1.850	2.553
T1R2	1.200	1.788	1.057	1.994	1.021	2.991	1.422	4.638	1.753	4.414	2.217	2.361	1.463	2.319
T1R3	1.715	2.213	1.325	2.175	1.179	3.830	2.168	3.913	2.556	5.420	2.489	2.995	1.744	2.647
ค่าเฉลี่ย	1.565	2.101	1.292	2.166	1.225	3.603	1.937	4.708	2.405	4.961	2.421	2.778	1.686	2.506
S.E.	0.150	0.130	0.104	0.079	0.109	0.252	0.211	0.392	0.278	0.240	0.084	0.170	0.094	0.080
T2R1	4.655	7.113	4.199	6.682	3.786	8.590	5.015	8.825	4.979	8.035	4.483	5.406	3.343	4.948
T2R2	4.676	6.966	4.138	6.939	3.639	8.745	5.701	9.479	5.025	8.630	4.815	5.989	3.505	5.368
T2R3	4.743	7.446	4.132	6.909	3.765	9.113	4.627	9.182	4.692	8.674	4.692	6.036	3.562	5.325
ค่าเฉลี่ย	4.691	7.175	4.156	6.843	3.730	8.816	5.114	9.162	4.899	8.446	4.664	5.810	3.470	5.214
S.E.	0.022	0.116	0.017	0.066	0.037	0.127	0.256	0.154	0.085	0.168	0.079	0.166	0.054	0.109
T3R1	4.066	6.305	3.609	5.920	3.397	7.870	4.342	8.566	4.279	7.737	4.224	5.612	3.305	4.585
T3R2	3.824	5.801	3.079	5.526	2.950	7.452	4.298	7.836	4.183	9.734	5.159	5.012	2.746	4.212
T3R3	3.877	8.325	3.116	5.607	2.853	7.638	3.919	8.358	4.047	7.827	3.674	5.151	2.116	4.357
ค่าเฉลี่ย	3.923	6.810	3.268	5.684	3.067	7.654	4.186	8.253	4.170	8.433	4.352	5.258	2.722	4.385
S.E.	0.060	0.630	0.139	0.098	0.137	0.099	0.110	0.177	0.055	0.532	0.354	0.148	0.280	0.089
T4R1	4.912	7.105	4.186	6.358	3.630	8.240	4.172	9.205	5.126	8.543	4.391	6.470	3.708	5.180
T4R2	4.820	7.816	4.337	7.029	4.078	9.170	4.579	9.693	5.352	9.054	4.419	6.741	4.036	5.372
T4R3	4.482	6.804	3.749	6.096	3.249	8.569	4.254	9.045	4.922	8.227	4.355	6.371	3.472	4.971
ค่าเฉลี่ย	4.738	7.242	4.091	6.494	3.652	8.660	4.335	9.314	5.133	8.608	4.389	6.528	3.739	5.174
S.E.	0.107	0.245	0.144	0.227	0.196	0.222	0.101	0.159	0.101	0.197	0.015	0.090	0.134	0.094

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 23 ความเข้มข้นของไนไตรท์ (มก.ไนไตรท์-ไนโตรเจน/ล.) ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	0.047	0.454	0.462	2.704	1.435	2.784	1.456	0.321	0.144	0.010	0.059	0.023	0.060	0.107	0.113	0.243
T1R2	0.046	0.308	0.325	2.790	1.362	2.697	1.342	0.232	0.140	0.024	0.056	0.273	0.169	0.510	0.339	0.713
T1R3	0.043	0.292	0.407	2.923	1.454	2.787	1.380	0.277	0.150	0.017	0.063	0.016	0.056	0.034	0.076	0.161
ค่าเฉลี่ย	0.045	0.352	0.398	2.806	1.417	2.756	1.392	0.277	0.145	0.017	0.059	0.104	0.095	0.217	0.176	0.372
S.E.	0.001	0.042	0.032	0.052	0.023	0.024	0.027	0.021	0.002	0.003	0.002	0.069	0.030	0.121	0.067	0.140
T2R1	0.047	0.784	0.366	4.770	2.660	3.155	1.581	0.513	0.270	0.171	0.160	0.065	0.088	0.070	0.093	0.032
T2R2	0.044	0.888	0.460	4.543	2.792	3.186	1.574	0.540	0.287	0.146	0.108	0.065	0.079	0.062	0.096	0.039
T2R3	0.043	0.921	0.752	4.232	2.825	3.886	1.983	0.472	0.256	0.098	0.084	0.046	0.064	0.036	0.086	0.033
ค่าเฉลี่ย	0.045	0.864	0.526	4.515	2.759	3.409	1.713	0.508	0.271	0.138	0.117	0.059	0.077	0.056	0.092	0.035
S.E.	0.001	0.034	0.095	0.127	0.041	0.195	0.110	0.016	0.007	0.018	0.018	0.005	0.006	0.008	0.003	0.002
T3R1	0.054	0.897	0.549	4.168	2.206	2.631	1.428	0.444	0.144	0.091	0.084	0.047	0.078	0.042	0.084	0.023
T3R2	0.046	0.920	0.645	4.070	2.175	2.759	1.342	0.444	0.195	0.143	0.105	0.071	0.086	0.045	0.088	0.031
T3R3	0.046	0.748	0.284	3.801	1.852	2.094	1.043	0.410	0.144	0.098	0.094	0.044	0.063	0.034	0.082	0.028
ค่าเฉลี่ย	0.049	0.855	0.493	4.013	2.078	2.495	1.271	0.433	0.161	0.110	0.094	0.054	0.076	0.040	0.085	0.028
S.E.	0.002	0.044	0.088	0.090	0.092	0.166	0.095	0.009	0.014	0.013	0.005	0.007	0.006	0.003	0.001	0.002
T4R1	0.043	0.645	0.339	4.536	2.368	4.326	2.236	0.653	0.328	0.122	0.094	0.069	0.083	0.039	0.084	0.052
T4R2	0.044	0.882	0.384	4.465	2.576	3.772	2.066	0.694	0.321	0.094	0.094	0.062	0.078	0.038	0.078	0.058
T4R3	0.055	0.851	0.349	4.283	2.029	2.690	1.421	0.543	0.226	0.094	0.091	0.054	0.077	0.050	0.096	0.047
ค่าเฉลี่ย	0.047	0.793	0.357	4.428	2.324	3.596	1.908	0.630	0.292	0.103	0.093	0.062	0.079	0.042	0.086	0.052
S.E.	0.003	0.061	0.011	0.061	0.130	0.392	0.203	0.037	0.027	0.008	0.001	0.004	0.002	0.003	0.004	0.003

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 23 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	0.162	0.252	0.161	0.070	0.219	0.477	0.365	0.175	0.159	0.044	0.057	0.062	0.074	0.006
T1R2	0.387	0.493	0.268	0.053	0.205	0.374	0.334	0.721	0.460	0.200	0.312	0.182	0.122	0.075
T1R3	0.123	0.229	0.151	0.056	0.206	0.270	0.237	0.208	0.185	0.060	0.074	0.066	0.071	0.008
ค่าเฉลี่ย	0.224	0.324	0.193	0.060	0.210	0.373	0.312	0.368	0.268	0.102	0.148	0.103	0.089	0.030
S.E.	0.067	0.069	0.031	0.004	0.004	0.049	0.031	0.144	0.079	0.041	0.067	0.032	0.013	0.018
T2R1	0.065	0.041	0.060	0.058	0.211	0.025	0.123	0.028	0.092	0.024	0.057	0.018	0.047	0.018
T2R2	0.065	0.055	0.064	0.048	0.207	0.035	0.111	0.026	0.111	0.022	0.063	0.023	0.055	0.016
T2R3	0.061	0.039	0.060	0.043	0.205	0.030	0.139	0.018	0.107	0.019	0.062	0.026	0.057	0.021
ค่าเฉลี่ย	0.064	0.045	0.061	0.050	0.208	0.030	0.125	0.024	0.103	0.022	0.061	0.022	0.053	0.018
S.E.	0.001	0.004	0.001	0.003	0.001	0.002	0.006	0.003	0.005	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001
T3R1	0.059	0.026	0.054	0.026	0.185	0.018	0.130	0.014	0.090	0.017	0.052	0.011	0.045	0.007
T3R2	0.061	0.028	0.053	0.032	0.199	0.021	0.122	0.010	0.087	0.014	0.049	0.013	0.046	0.011
T3R3	0.060	0.022	0.054	0.039	0.208	0.026	0.147	0.017	0.107	0.018	0.067	0.013	0.057	0.009
ค่าเฉลี่ย	0.060	0.025	0.054	0.032	0.197	0.022	0.133	0.014	0.095	0.016	0.056	0.013	0.050	0.009
S.E.	0.000	0.001	0.000	0.003	0.006	0.002	0.006	0.002	0.005	0.001	0.004	0.000	0.003	0.001
T4R1	0.069	0.030	0.054	0.056	0.199	0.029	0.136	0.020	0.085	0.027	0.058	0.020	0.050	0.013
T4R2	0.077	0.029	0.054	0.047	0.210	0.025	0.144	0.028	0.116	0.018	0.064	0.028	0.061	0.008
T4R3	0.060	0.029	0.055	0.053	0.200	0.046	0.149	0.022	0.099	0.022	0.053	0.019	0.047	0.013
ค่าเฉลี่ย	0.069	0.029	0.054	0.052	0.203	0.033	0.143	0.023	0.100	0.022	0.058	0.022	0.053	0.011
S.E.	0.004	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.003	0.002	0.007	0.002	0.002	0.002	0.004	0.001

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 24 ความเข้มข้นของฟอสเฟต (มก.ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส/ล.) ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	0.126	0.152	0.066	0.160	0.037	0.156	0.022	0.162	0.060	0.196	0.093	0.219	0.148	0.252	0.157	0.214
T1R2	0.090	0.136	0.043	0.138	0.031	0.140	0.022	0.154	0.037	0.212	0.096	0.225	0.158	0.232	0.137	0.202
T1R3	0.097	0.148	0.063	0.144	0.028	0.150	0.022	0.153	0.066	0.202	0.094	0.213	0.141	0.254	0.151	0.223
ค่าเฉลี่ย	0.104	0.145	0.057	0.148	0.032	0.149	0.022	0.156	0.054	0.203	0.094	0.219	0.149	0.246	0.148	0.213
S.E.	0.009	0.004	0.006	0.005	0.002	0.004	0.000	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.004	0.006	0.005	0.005
T2R1	0.109	0.163	0.097	0.318	0.083	0.359	0.114	0.333	0.183	0.470	0.259	0.475	0.287	0.529	0.311	0.475
T2R2	0.094	0.160	0.068	0.324	0.091	0.345	0.076	0.445	0.174	0.473	0.227	0.467	0.272	0.501	0.274	0.462
T2R3	0.112	0.185	0.075	0.317	0.094	0.410	0.111	0.475	0.203	0.502	0.257	0.494	0.291	0.526	0.289	0.472
ค่าเฉลี่ย	0.105	0.169	0.080	0.319	0.089	0.371	0.100	0.418	0.187	0.482	0.248	0.479	0.283	0.519	0.291	0.470
S.E.	0.004	0.006	0.007	0.002	0.003	0.016	0.010	0.035	0.007	0.008	0.009	0.007	0.005	0.007	0.009	0.003
T3R1	0.125	0.143	0.063	0.233	0.061	0.261	0.046	0.321	0.121	0.368	0.187	0.368	0.227	0.403	0.245	0.378
T3R2	0.103	0.137	0.052	0.226	0.061	0.282	0.046	0.336	0.168	0.391	0.195	0.391	0.257	0.443	0.245	0.391
T3R3	0.106	0.143	0.049	0.236	0.050	0.263	0.031	0.321	0.116	0.371	0.187	0.367	0.224	0.400	0.240	0.369
ค่าเฉลี่ย	0.111	0.141	0.055	0.232	0.057	0.269	0.041	0.326	0.135	0.377	0.190	0.375	0.236	0.415	0.243	0.379
S.E.	0.006	0.002	0.003	0.003	0.003	0.005	0.004	0.004	0.014	0.006	0.002	0.006	0.009	0.011	0.001	0.005
T4R1	0.112	0.217	0.088	0.318	0.074	0.395	0.120	0.492	0.228	0.502	0.263	0.491	0.297	0.515	0.285	0.483
T4R2	0.110	0.197	0.082	0.281	0.090	0.327	0.104	0.405	0.197	0.460	0.266	0.586	0.327	0.581	0.337	0.529
T4R3	0.094	0.186	0.097	0.260	0.057	0.285	0.089	0.381	0.135	0.426	0.222	0.421	0.249	0.455	0.246	0.448
ค่าเฉลี่ย	0.105	0.200	0.089	0.286	0.074	0.336	0.104	0.426	0.187	0.463	0.251	0.499	0.291	0.517	0.289	0.487
S.E.	0.005	0.007	0.004	0.014	0.008	0.026	0.007	0.028	0.022	0.018	0.012	0.039	0.018	0.030	0.021	0.019

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 24 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	0.144	0.169	0.112	0.161	0.097	0.140	0.115	0.160	0.086	0.131	0.087	0.112	0.072	0.110
T1R2	0.133	0.169	0.101	0.147	0.075	0.143	0.113	0.155	0.084	0.118	0.072	0.118	0.066	0.112
T1R3	0.144	0.171	0.099	0.155	0.087	0.154	0.125	0.146	0.087	0.125	0.078	0.122	0.068	0.116
ค่าเฉลี่ย	0.140	0.170	0.104	0.154	0.086	0.146	0.118	0.154	0.086	0.125	0.079	0.118	0.069	0.112
S.E.	0.003	0.000	0.003	0.003	0.005	0.004	0.003	0.003	0.001	0.003	0.004	0.002	0.001	0.001
T2R1	0.303	0.459	0.266	0.457	0.241	0.434	0.278	0.418	0.226	0.370	0.198	0.286	0.158	0.268
T2R2	0.288	0.462	0.253	0.466	0.230	0.441	0.301	0.451	0.229	0.415	0.218	0.314	0.179	0.301
T2R3	0.289	0.472	0.243	0.464	0.236	0.435	0.260	0.410	0.210	0.384	0.208	0.304	0.170	0.295
ค่าเฉลี่ย	0.293	0.464	0.254	0.462	0.236	0.437	0.280	0.426	0.222	0.390	0.208	0.302	0.169	0.288
S.E.	0.004	0.003	0.006	0.002	0.003	0.002	0.010	0.010	0.005	0.011	0.005	0.007	0.005	0.008
T3R1	0.244	0.378	0.210	0.368	0.204	0.354	0.220	0.347	0.176	0.301	0.179	0.249	0.142	0.230
T3R2	0.238	0.371	0.190	0.346	0.182	0.331	0.216	0.324	0.176	0.282	0.156	0.229	0.118	0.213
T3R3	0.225	0.358	0.181	0.343	0.172	0.337	0.209	0.335	0.166	0.291	0.162	0.227	0.120	0.227
ค่าเฉลี่ย	0.236	0.369	0.194	0.353	0.186	0.341	0.215	0.335	0.173	0.291	0.166	0.235	0.126	0.224
S.E.	0.005	0.005	0.007	0.006	0.008	0.006	0.003	0.005	0.003	0.005	0.005	0.006	0.006	0.004
T4R1	0.315	0.475	0.257	0.457	0.254	0.438	0.266	0.409	0.226	0.397	0.221	0.313	0.171	0.293
T4R2	0.310	0.520	0.278	0.494	0.273	0.479	0.266	0.436	0.232	0.394	0.229	0.306	0.179	0.291
T4R3	0.286	0.428	0.243	0.417	0.215	0.406	0.240	0.401	0.219	0.370	0.220	0.295	0.156	0.271
ค่าเฉลี่ย	0.304	0.474	0.259	0.456	0.247	0.441	0.257	0.415	0.226	0.387	0.223	0.305	0.169	0.285
S.E.	0.007	0.022	0.008	0.018	0.014	0.017	0.007	0.009	0.003	0.007	0.002	0.004	0.005	0.006

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 25 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มก./ล.) ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	158.00	90.80	72.40	56.00	98.00	68.40	78.50	69.20	78.80	52.40	84.00	49.20	78.40	86.00	57.20	89.60
T1R2	151.00	68.40	72.40	70.00	75.50	74.00	105.50	80.40	76.00	56.80	90.50	90.00	69.60	59.20	84.00	44.00
T1R3	154.00	70.00	86.80	84.80	73.50	77.60	96.50	80.80	92.90	66.40	88.50	64.40	93.60	51.60	83.60	46.80
ค่าเฉลี่ย	154.33	76.40	77.20	70.27	82.33	73.33	93.50	76.80	82.57	58.53	87.67	67.87	80.53	65.60	74.93	60.13
S.E.	1.66	5.89	3.92	6.79	6.41	2.19	6.48	3.10	4.27	3.37	1.57	9.72	5.72	8.52	7.24	12.05
T2R1	152.00	57.20	71.20	49.60	97.50	55.60	83.00	81.60	87.00	74.00	88.50	65.60	68.00	78.00	58.40	54.00
T2R2	157.00	86.00	65.60	74.80	87.00	62.00	77.50	51.20	76.00	70.00	97.00	78.40	70.80	71.60	86.40	83.60
T2R3	162.00	64.00	65.60	80.40	100.00	74.40	108.50	62.00	114.00	53.60	105.00	48.80	67.60	72.80	82.00	47.60
ค่าเฉลี่ย	157.00	69.07	67.47	68.27	94.83	64.00	89.67	64.93	92.33	65.87	96.83	64.27	68.80	74.13	75.60	61.73
S.E.	2.36	7.10	1.52	7.73	3.25	4.51	7.80	7.26	9.22	5.10	3.89	7.00	0.82	1.60	7.10	9.05
T3R1	154.00	62.00	67.60	46.80	96.50	48.00	67.50	63.20	100.50	55.20	132.00	70.40	88.00	79.60	86.80	40.80
T3R2	158.00	60.80	61.20	73.20	98.00	79.20	97.50	57.60	104.00	85.20	84.50	58.80	82.00	68.40	80.00	74.00
T3R3	163.00	56.80	66.67	61.60	66.50	46.40	100.00	57.60	75.00	57.60	90.00	58.00	72.40	76.00	61.60	47.20
ค่าเฉลี่ย	158.33	59.87	65.16	60.53	87.00	57.87	88.33	59.47	93.17	66.00	102.17	62.40	80.80	74.67	76.13	54.00
S.E.	2.13	1.28	1.63	6.24	8.38	8.72	8.53	1.52	7.46	7.86	12.25	3.27	3.71	2.70	6.15	8.30
T4R1	158.00	60.40	63.60	61.60	95.00	60.00	102.50	48.40	93.50	52.00	83.00	62.40	68.00	64.40	82.80	86.00
T4R2	152.00	65.20	97.60	48.80	68.00	45.20	102.50	64.80	66.50	52.40	75.00	54.00	66.40	52.00	80.40	70.00
T4R3	158.00	66.00	73.20	49.60	103.00	76.80	71.50	72.00	74.00	76.40	88.00	83.20	53.20	53.20	76.00	76.80
ค่าเฉลี่ย	156.00	63.87	78.13	53.33	88.67	60.67	92.17	61.73	78.00	60.27	82.00	66.53	62.53	56.53	79.73	77.60
S.E.	1.63	1.43	8.26	3.38	8.65	7.45	8.44	5.70	6.57	6.59	3.09	7.09	3.83	3.22	1.63	3.79

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 25 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	64.00	81.60	110.40	52.00	109.60	58.80	52.80	54.40	52.80	47.60	53.20	50.80	84.40	49.20
T1R2	98.00	60.00	120.40	63.60	115.60	80.40	66.80	49.60	81.60	54.00	68.40	59.20	74.40	52.40
T1R3	99.60	82.80	79.20	98.40	98.40	51.20	68.00	62.00	74.00	46.80	52.40	56.00	89.60	89.20
ค่าเฉลี่ย	87.20	74.80	103.33	71.33	107.87	63.47	62.53	55.33	69.47	49.47	58.00	55.33	82.80	63.60
S.E.	9.48	6.05	10.13	11.38	4.12	7.14	3.98	2.95	7.04	1.86	4.25	2.00	3.64	10.48
T2R1	79.20	82.00	102.40	71.20	100.40	57.20	56.40	50.40	75.20	59.20	58.80	54.00	60.00	56.00
T2R2	57.20	66.00	89.60	90.40	75.60	55.20	80.00	43.20	81.20	50.80	51.20	53.60	58.80	50.00
T2R3	64.80	84.00	100.00	55.20	103.20	51.60	66.80	52.40	84.00	53.60	53.60	52.80	55.60	47.60
ค่าเฉลี่ย	67.07	77.33	97.33	72.27	93.07	54.67	67.73	48.67	80.13	54.53	54.53	53.47	58.13	51.20
S.E.	5.27	4.65	3.21	8.31	7.16	1.34	5.58	2.28	2.12	2.02	1.83	0.29	1.07	2.04
T3R1	95.20	84.40	116.80	64.00	111.20	52.80	59.20	51.60	52.80	53.60	48.00	51.60	60.00	48.00
T3R2	62.80	91.20	97.60	67.20	104.80	52.40	72.00	56.80	65.00	59.60	78.40	75.60	62.00	52.00
T3R3	92.00	92.00	67.60	66.80	103.60	55.20	56.40	42.40	52.00	55.20	58.40	78.00	92.00	48.40
ค่าเฉลี่ย	83.33	89.20	94.00	66.00	106.53	53.47	62.53	50.27	56.67	56.13	61.60	68.40	71.33	49.47
S.E.	8.42	1.97	11.69	0.82	1.93	0.71	3.92	3.44	3.43	1.46	7.28	6.88	8.45	1.04
T4R1	60.80	66.80	116.00	56.80	111.20	53.60	57.20	42.80	54.00	52.00	61.20	55.20	60.80	48.40
T4R2	55.20	88.00	113.20	105.20	71.20	50.40	51.20	48.00	54.00	51.60	91.60	48.80	94.80	65.20
T4R3	61.60	82.40	87.20	94.40	62.40	55.60	78.40	63.20	49.20	52.40	67.60	87.20	61.20	50.40
ค่าเฉลี่ย	59.20	79.07	105.47	85.47	81.60	53.20	62.27	51.33	52.40	52.00	73.47	63.73	72.27	54.67
S.E.	1.64	5.18	7.49	11.98	12.26	1.24	6.74	5.00	1.31	0.19	7.56	9.70	9.20	4.33

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 26 ความเข้มข้นของบีโอดี (มก./ล.) ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	11.00	15.00	12.00	3.00	10.00	2.00	11.00	6.00	10.00	2.50	5.50	2.00	7.00	3.50	5.50	2.50
T1R2	9.00	16.00	14.00	5.00	10.00	1.00	12.00	6.00	14.00	2.50	6.50	4.00	8.00	3.00	3.00	2.50
T1R3	10.00	15.00	17.00	2.00	9.00	2.00	12.00	3.00	11.00	3.00	6.00	4.00	7.00	3.00	9.50	3.00
ค่าเฉลี่ย	10.00	15.33	14.33	3.33	9.67	1.67	11.67	5.00	11.67	2.67	6.00	3.33	7.33	3.17	6.00	2.67
S.E.	0.47	0.27	1.19	0.72	0.27	0.27	0.27	0.82	0.98	0.14	0.24	0.54	0.27	0.14	1.55	0.14
T2R1	8.00	11.00	15.00	4.00	10.00	1.00	9.00	2.00	13.00	3.00	7.00	2.50	8.00	2.50	6.00	2.50
T2R2	9.00	14.00	11.00	4.00	9.00	1.00	7.00	7.00	13.00	5.50	7.00	4.50	7.00	4.00	5.50	3.00
T2R3	8.00	14.00	14.00	6.00	9.00	1.00	10.00	6.00	11.00	3.50	7.50	3.50	5.50	2.00	5.50	2.50
ค่าเฉลี่ย	8.33	13.00	13.33	4.67	9.33	1.00	8.67	5.00	12.33	4.00	7.17	3.50	6.83	2.83	5.67	2.67
S.E.	0.27	0.82	0.98	0.54	0.27	0.00	0.72	1.25	0.54	0.62	0.14	0.47	0.59	0.49	0.14	0.14
T3R1	7.00	14.00	17.00	4.00	6.00	1.00	5.00	4.00	12.00	3.00	6.00	5.00	6.50	2.00	5.50	3.00
T3R2	9.00	16.00	16.00	2.00	9.00	2.00	13.00	6.00	11.00	4.00	6.00	4.50	6.50	3.00	6.00	2.50
T3R3	10.00	14.00	17.00	4.00	7.00	4.00	13.00	4.00	12.00	4.00	7.50	4.50	5.50	2.50	5.00	3.00
ค่าเฉลี่ย	8.67	14.67	16.67	3.33	7.33	2.33	10.33	4.67	11.67	3.67	6.50	4.67	6.17	2.50	5.50	2.83
S.E.	0.72	0.54	0.27	0.54	0.72	0.72	2.18	0.54	0.27	0.27	0.41	0.14	0.27	0.24	0.24	0.14
T4R1	11.00	16.00	15.00	7.00	7.00	5.00	11.00	5.00	12.00	4.00	6.50	4.00	5.50	3.50	6.00	2.00
T4R2	11.00	15.00	19.00	4.00	6.00	2.00	8.00	7.00	12.00	4.50	6.00	2.50	7.00	3.50	4.00	2.50
T4R3	8.00	13.00	16.00	2.00	9.00	4.00	13.00	4.00	11.00	2.50	6.00	4.00	6.00	2.00	4.50	2.00
ค่าเฉลี่ย	10.00	14.67	16.67	4.33	7.33	3.67	10.67	5.33	11.67	3.67	6.17	3.50	6.17	3.00	4.83	2.17
S.E.	0.82	0.72	0.98	1.19	0.72	0.72	1.19	0.72	0.27	0.49	0.14	0.41	0.36	0.41	0.49	0.14

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 26 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	5.50	2.50	10.50	3.50	9.00	3.00	9.50	2.50	6.50	4.00	6.50	4.00	5.00	4.00
T1R2	4.00	3.50	10.50	3.00	9.50	2.50	10.50	3.00	8.00	3.00	7.50	4.50	6.00	3.50
T1R3	5.00	4.00	11.50	4.00	9.00	4.50	7.50	5.00	4.00	2.50	5.50	3.00	5.00	3.00
ค่าเฉลี่ย	4.83	3.33	10.83	3.50	9.17	3.33	9.17	3.50	6.17	3.17	6.50	3.83	5.33	3.50
S.E.	0.36	0.36	0.27	0.24	0.14	0.49	0.72	0.62	0.95	0.36	0.47	0.36	0.27	0.24
T2R1	4.00	2.00	8.00	2.00	6.00	2.50	6.00	1.00	4.50	2.00	4.50	2.00	3.00	3.00
T2R2	3.00	4.00	8.00	2.50	7.50	3.50	6.00	2.50	4.00	2.50	6.00	3.00	4.00	2.50
T2R3	4.00	2.50	7.50	3.00	8.00	3.50	6.00	2.00	2.50	1.50	6.00	3.50	3.50	3.00
ค่าเฉลี่ย	3.67	2.83	7.83	2.50	7.17	3.17	6.00	1.83	3.67	2.00	5.50	2.83	3.50	2.83
S.E.	0.27	0.49	0.14	0.24	0.49	0.27	0.00	0.36	0.49	0.24	0.41	0.36	0.24	0.14
T3R1	2.50	2.50	7.50	3.00	10.00	2.50	5.00	3.00	4.50	2.50	5.00	2.00	5.00	1.50
T3R2	2.50	2.00	7.50	2.50	6.00	2.00	5.50	2.00	4.50	2.00	6.00	2.50	4.00	2.50
T3R3	3.00	3.00	8.00	3.00	9.00	3.00	6.50	1.50	3.00	2.00	5.50	3.00	3.00	2.50
ค่าเฉลี่ย	2.67	2.50	7.67	2.83	8.33	2.50	5.67	2.17	4.00	2.17	5.50	2.50	4.00	2.17
S.E.	0.14	0.24	0.14	0.14	0.98	0.24	0.36	0.36	0.41	0.14	0.24	0.24	0.47	0.27
T4R1	2.50	2.00	7.00	2.00	7.50	3.50	6.50	1.50	5.00	2.00	6.00	2.00	4.00	2.50
T4R2	2.50	3.00	7.50	1.50	6.00	3.00	5.50	2.00	4.00	1.50	5.50	4.00	4.00	2.00
T4R3	3.00	2.00	8.00	2.00	6.00	2.50	6.00	1.00	5.00	2.50	4.50	1.50	4.50	2.50
ค่าเฉลี่ย	2.67	2.33	7.50	1.83	6.50	3.00	6.00	1.50	4.67	2.00	5.33	2.50	4.17	2.33
S.E.	0.14	0.27	0.24	0.14	0.41	0.24	0.24	0.24	0.27	0.24	0.36	0.62	0.14	0.14

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 27 ความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	7.84	8.06	7.73	7.54	7.57	7.75	7.99	7.65	7.88	7.86	7.87	7.48	7.71	7.78	7.81	7.45
T1R2	7.74	7.99	7.79	7.54	7.53	7.74	7.89	7.66	7.85	7.84	7.86	7.46	7.64	7.74	7.71	7.47
T1R3	7.86	7.98	7.90	7.59	7.55	7.76	7.95	7.68	7.86	7.85	7.84	7.51	7.69	7.76	7.77	7.51
ค่าเฉลี่ย	7.81	8.01	7.81	7.56	7.55	7.75	7.94	7.66	7.86	7.85	7.86	7.48	7.68	7.76	7.76	7.48
S.E.	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
T2R1	7.84	7.73	7.61	7.39	7.51	7.55	7.70	7.59	7.81	7.79	7.75	7.48	7.58	7.71	7.71	7.52
T2R2	7.80	7.66	7.65	7.38	7.35	7.59	7.78	7.61	7.80	7.76	7.73	7.45	7.59	7.71	7.69	7.51
T2R3	7.79	7.68	7.73	7.40	7.42	7.60	7.87	7.62	7.79	7.73	7.77	7.49	7.63	7.73	7.70	7.52
ค่าเฉลี่ย	7.81	7.69	7.66	7.39	7.43	7.58	7.78	7.61	7.80	7.76	7.75	7.47	7.60	7.72	7.70	7.52
S.E.	0.01	0.02	0.03	0.00	0.04	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
T3R1	7.74	7.75	7.66	7.51	7.56	7.70	7.76	7.58	7.84	7.82	7.80	7.56	7.64	7.75	7.70	7.54
T3R2	7.79	7.69	7.61	7.43	7.51	7.65	7.74	7.59	7.76	7.73	7.75	7.48	7.58	7.72	7.71	7.53
T3R3	7.76	7.69	7.73	7.51	7.57	7.74	7.93	7.63	7.79	7.77	7.80	7.57	7.71	7.76	7.73	7.60
ค่าเฉลี่ย	7.76	7.71	7.67	7.48	7.55	7.70	7.81	7.60	7.80	7.77	7.78	7.54	7.64	7.74	7.71	7.56
S.E.	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02
T4R1	7.82	7.61	7.62	7.40	7.51	7.54	7.71	7.57	7.77	7.72	7.75	7.52	7.59	7.70	7.67	7.53
T4R2	7.79	7.64	7.79	7.42	7.44	7.65	7.86	7.62	7.72	7.68	7.74	7.50	7.66	7.70	7.69	7.49
T4R3	7.76	7.62	7.59	7.41	7.51	7.66	7.76	7.59	7.76	7.72	7.74	7.56	7.58	7.69	7.69	7.51
ค่าเฉลี่ย	7.79	7.62	7.67	7.41	7.49	7.62	7.78	7.59	7.75	7.71	7.74	7.53	7.61	7.70	7.68	7.51
S.E.	0.01	0.01	0.05	0.00	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 27 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	7.81	7.65	7.92	7.65	7.89	7.46	7.73	7.62	7.77	7.61	7.67	7.62	7.74	7.36
T1R2	7.72	7.65	7.90	7.66	7.86	7.52	7.71	7.62	7.85	7.55	7.68	7.57	7.72	7.37
T1R3	7.80	7.74	7.92	7.73	7.86	7.49	7.74	7.69	7.83	7.61	7.66	7.61	7.73	7.42
ค่าเฉลี่ย	7.78	7.68	7.91	7.68	7.87	7.49	7.73	7.64	7.82	7.59	7.67	7.60	7.73	7.38
S.E.	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
T2R1	7.66	7.70	7.86	7.65	7.78	7.53	7.70	7.67	7.82	7.56	7.64	7.59	7.74	7.45
T2R2	7.70	7.68	7.85	7.68	7.78	7.51	7.70	7.65	7.80	7.56	7.62	7.61	7.68	7.46
T2R3	7.75	7.69	7.83	7.71	7.83	7.54	7.72	7.68	7.81	7.59	7.61	7.60	7.67	7.48
ค่าเฉลี่ย	7.70	7.69	7.85	7.68	7.80	7.53	7.71	7.67	7.81	7.57	7.62	7.60	7.70	7.46
S.E.	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01
T3R1	7.70	7.76	7.88	7.74	7.79	7.57	7.70	7.71	7.83	7.64	7.66	7.68	7.75	7.55
T3R2	7.67	7.77	7.90	7.71	7.76	7.57	7.68	7.70	7.83	7.61	7.66	7.64	7.75	7.53
T3R3	7.85	7.81	7.89	7.78	7.90	7.61	7.72	7.72	7.85	7.67	7.67	7.70	7.71	7.58
ค่าเฉลี่ย	7.74	7.78	7.89	7.74	7.82	7.58	7.70	7.71	7.84	7.64	7.66	7.67	7.74	7.55
S.E.	0.05	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
T4R1	7.66	7.74	7.89	7.72	7.76	7.60	7.66	7.67	7.83	7.57	7.63	7.64	7.73	7.54
T4R2	7.75	7.71	7.84	7.71	7.79	7.57	7.72	7.64	7.78	7.61	7.63	7.62	7.68	7.57
T4R3	7.63	7.77	7.87	7.76	7.76	7.53	7.68	7.66	7.80	7.61	7.67	7.66	7.76	7.62
ค่าเฉลี่ย	7.68	7.74	7.87	7.73	7.77	7.57	7.69	7.66	7.80	7.60	7.64	7.64	7.72	7.58
S.E.	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 28 ความเค็ม (ppt) ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
T1R2	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
T1R3	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
ค่าเฉลี่ย	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2R1	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
T2R2	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
T2R3	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
ค่าเฉลี่ย	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T3R1	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
T3R2	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
T3R3	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
ค่าเฉลี่ย	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T4R1	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
T4R2	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
T4R3	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
ค่าเฉลี่ย	26.00	26.00	26.00	26.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 28 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
T1R2	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
T1R3	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
ค่าเฉลี่ย	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2R1	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
T2R2	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
T2R3	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
ค่าเฉลี่ย	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T3R1	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
T3R2	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
T3R3	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
ค่าเฉลี่ย	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T4R1	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
T4R2	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
T4R3	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
ค่าเฉลี่ย	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	27.00	27.00	28.00	28.00	27.00	27.00
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 29 อุณหภูมิ (°ซ)ในน้ำเข้า-ออกจากถังทดลอง ที่ใช้เลี้ยงหอยตะโกรมกรามขาว 30 ก./น้ำ 1 ล. ด้วยหอย 3 ขนาด

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	4		8		12		16		20		24		28		32	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	28.00	28.00	29.00	28.50	29.20	28.60	29.10	28.60	29.00	28.00	29.00	27.60	29.00	28.20	29.00	29.50
T1R2	28.10	28.00	29.00	28.50	29.20	28.60	29.10	28.70	29.00	28.10	29.00	27.60	29.00	28.20	29.00	29.50
T1R3	28.00	28.00	29.00	28.50	29.30	28.70	29.00	28.70	29.00	28.10	29.00	27.60	29.00	28.20	29.00	29.50
ค่าเฉลี่ย	28.03	28.00	29.00	28.50	29.23	28.63	29.07	28.67	29.00	28.07	29.00	27.60	29.00	28.20	29.00	29.50
S.E.	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2R1	28.00	28.00	29.00	28.60	29.30	28.70	29.10	28.70	29.00	28.10	29.00	27.60	29.00	28.10	29.00	29.50
T2R2	28.10	28.00	29.00	28.50	29.30	28.70	29.00	28.70	29.00	28.10	29.00	27.80	29.00	28.20	29.00	29.50
T2R3	28.10	28.00	29.00	28.50	29.30	28.70	29.10	28.80	29.00	28.20	29.00	27.80	29.00	28.20	29.00	29.50
ค่าเฉลี่ย	28.07	28.00	29.00	28.53	29.30	28.70	29.07	28.73	29.00	28.13	29.00	27.73	29.00	28.17	29.00	29.50
S.E.	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00
T3R1	28.00	28.00	29.00	28.50	29.10	28.70	29.00	28.60	29.00	28.10	29.00	27.80	28.90	28.10	29.00	29.50
T3R2	28.00	28.00	28.90	28.70	29.30	28.70	29.10	28.70	29.00	28.10	28.90	27.60	28.90	28.10	29.00	29.50
T3R3	28.00	28.00	29.00	28.60	29.20	28.70	29.10	28.80	29.00	28.20	29.00	27.80	29.00	28.20	29.00	29.50
ค่าเฉลี่ย	28.00	28.00	28.97	28.60	29.20	28.70	29.07	28.70	29.00	28.13	28.97	27.73	28.93	28.13	29.00	29.50
S.E.	0.00	0.00	0.03	0.05	0.05	0.00	0.03	0.05	0.00	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.00	0.00
T4R1	28.10	28.00	29.00	28.50	29.30	28.80	29.10	28.80	29.00	28.10	29.00	27.80	28.90	28.20	29.00	29.50
T4R2	28.00	28.00	29.00	28.50	29.30	28.70	29.00	28.80	29.10	28.00	29.00	27.80	29.00	28.20	29.00	29.50
T4R3	28.00	28.00	28.90	28.50	29.30	28.80	29.00	28.70	29.00	28.10	28.90	27.60	28.90	28.10	29.00	29.50
ค่าเฉลี่ย	28.03	28.00	28.97	28.50	29.30	28.77	29.03	28.77	29.03	28.07	28.97	27.73	28.93	28.17	29.00	29.50
S.E.	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.00	0.00

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 29 (ต่อ)

ระยะเวลาการทดลอง (วัน) / ชุดการทดลอง	36		40		44		48		52		56		60	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
T1R1	29.00	27.80	28.30	27.90	28.20	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
T1R2	29.00	27.80	28.30	27.90	28.20	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
T1R3	29.00	27.80	28.30	27.90	28.20	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.70	27.20
ค่าเฉลี่ย	29.00	27.80	28.30	27.90	28.20	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.63	27.20
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
T2R1	29.00	27.80	28.30	27.90	28.10	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
T2R2	29.00	27.80	28.30	27.90	28.20	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
T2R3	29.00	27.80	28.30	27.90	28.20	27.00	27.10	27.20	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
ค่าเฉลี่ย	29.00	27.80	28.30	27.90	28.17	27.00	27.10	27.13	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T3R1	29.00	27.80	28.30	27.90	28.10	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
T3R2	29.00	27.80	28.30	27.90	28.20	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
T3R3	29.00	27.80	28.40	27.90	28.20	27.00	27.10	27.20	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
ค่าเฉลี่ย	29.00	27.80	28.33	27.90	28.17	27.00	27.10	27.13	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
S.E.	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T4R1	29.00	27.80	28.30	27.90	28.10	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.70	27.20
T4R2	29.00	27.80	28.30	27.90	28.20	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
T4R3	29.00	27.80	28.30	27.90	28.10	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.60	27.20
ค่าเฉลี่ย	29.00	27.80	28.30	27.90	28.13	27.00	27.10	27.10	27.50	27.50	27.90	28.00	28.63	27.20
S.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00

T1 = ชุดควบคุม T2 = หอยขนาด 25 ก./ตัว T3 = หอยขนาด 50 ก./ตัว T4 = หอยขนาด 100 ก./ตัว

R1 = ซ้ำที่ 1 R2 = ซ้ำที่ 2 R3 = ซ้ำที่ 3

ภาคผนวก ข. วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. คลอโรฟิลล์ เอ (Strickland and Parsons, 1972)

สารเคมี

1. สารละลาย acetone 90% : ผสมน้ำกลั่น 100 มล. และ acetone 900 มล. เข้าด้วยกัน

2. สารแขวนลอย magnesium carbonate 1% : ละลาย $MgCO_3$ 1 ก. ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

วิธีการ

1. หยด $MgCO_3$ 1 มล. ลงบนกระดาษกรอง GF/C แล้วนำน้ำตัวอย่างมากรองผ่านกระดาษกรอง ซึ่งต่อกับชุดกรองสุญญากาศ บันทึกปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่นำมากรองด้วย

2. นำกระดาษกรองซึ่งมีแพลงก์ตอนพืชติดอยู่ไปบดให้ละเอียดด้วยครกบดยา เทชิ้นส่วนที่บดแล้วใส่ในหลอดแก้วที่มีฝาเกลียวปิด

3. เติมสารละลาย acetone ลงล้างครกประมาณ 3 มล. แล้วเทสารละลาย acetone ในครกใส่หลอดแก้ว จากนั้นเติมสารละลาย acetone ลงให้ครบปริมาตร 10 มล. ปิดฝาหลอดแก้วแล้วนำไปเก็บค้างคืนในที่มืดภายในตู้เย็น 1 คืน

4. นำหลอดแก้วซึ่งบรรจุตัวอย่างออกจากตู้เย็น เข้าเครื่อง centrifuge เหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

5. นำสารละลายในหลอดแก้วเทลงใน cuvette อย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้เกิดตะกอนขุ่น แล้ววัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 750, 665, 645 และ 630 นาโนเมตร โดยใช้สารละลาย acetone 90% ปรับเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์อ่านค่าการดูดกลืนแสงเป็น 0

6. ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ (มก./ล.) $= 11.6\ E_{665} - 2.0\ E_{645} - 0.14\ E_{630}$

เมื่อ E_{665} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร

E_{645} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร

E_{630} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร

ค่าการดูดกลืนแสงแต่ละความยาวคลื่นต้องนำมาลบด้วยค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ก่อนคำนวณด้วยสูตรข้างบน

7. คำนวณความเข้มข้นของเม็ดสีต่อหน่วยปริมาตรน้ำ ใช้สูตรดังนี้

$$\text{คลอโรฟิลล์ เอ (มค.ก./ล.)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ} \times \text{ปริมาตรสารสกัด (ล.)}}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ (ม}^3\text{.)}}$$

2. **แอมโมเนียรวม** (Strickland and Parsons, 1972)

สารเคมี

1. น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย

เตรียมได้โดยปล่อยน้ำกลั่นผ่านคอลัมน์ บรรจุ cation exchange resin ซึ่งเป็นกรดแก่

2. สารละลายฟีนอล (phenol solution)

ละลายฟีนอล 20 ก. กับเอทธิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 95 (ปริมาตร/ปริมาตร) จนปริมาตรได้ 200 มล.

3. สารละลายโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ $[Na_2\ Fe(CN)_5(NO)\cdot 2H_2O]$

ละลายโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ 1 ก. ในน้ำกลั่นปราศจากอิออน ปรับปริมาตรให้ครบ 200 มล.

4. สารละลายอัลคาไลน์ (alkaline reagent)

ละลายสารโซเดียมซิเตรท 100 ก. และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 ก. ในน้ำกลั่นปราศจากอิออน ปรับปริมาตรจนครบ 500 มล.

5. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite, NaOCl)

ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์

6. สารละลายออกซิไดซ์ซิ่ง (oxidizing solution)

ผสมสารละลายอัลคาไลน์ 100 มล. กับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 25 มล. เข้าด้วยกัน สารละลายนี้จะเตรียมเมื่อต้องการใช้ในแต่ละครั้งและเก็บไว้ในขวดทึบแสงปิดฝาให้สนิท

7. สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น

ละลาย $(NH_4)_2SO_4$ 0.2359 ก. ในน้ำกลั่นปราศจากอิออน ปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มล. ได้สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 50 มก.NH_3-N/ล. ดูดสารละลายมา 10 มล. ผสมกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 5 มก.NH_3-N/ล. ซึ่งนำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเจือจางความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ ต่อไป

8. สารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเจือจาง

ดูดสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเข้มข้น 5 มก.NH_3-N/ล. มา 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 มล. ลงใน volumetric flask เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มล. สารละลายนี้มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มก.NH_3-N/ล.

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C 10 มล. ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 50 มล.

2. เติมสารละลายฟีนอล 0.4 มล. เขย่าให้ผสมกัน แล้วเติมสารละลายโซเดียมไนโตรพรัส-ไซด์ 0.4 มล. เขย่าให้ผสมกัน

3. เติมสารละลายออกซิไดซ์ซิ่ง 1 มล. เขย่าให้ผสมกันทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชม. จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

4. blank และสารละลายมาตรฐานทำเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง

5. การหาความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม โดยการเขียนเส้นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียรวมกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมในน้ำตัวอย่างนั้น

3. ไนไตรท์ (Strickland and Parsons, 1972)

สารเคมี

1. สารละลายซัลฟานิลาไมด์ (sulfanilamide; $NH_2C_6SO_2NH_2$)

ละลายซัลฟานิลาไมด์ 5 ก. ในกรดเกลือเจือจาง (กรดเกลือ 50 มล. ในน้ำกลั่น 300 มล.) เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 มล. (เก็บในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก)

2. สารละลาย N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride

ละลายสารไดไฮโดรคลอไรด์ (dihydrochloride) 0.50 ก. ในน้ำกลั่น 500 มล. เก็บในขวดแก้วสีชา (ถ้าสารละลายมีสีชาต้องเตรียมใหม่)

3. สารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น

ละลาย $NaNO_2$ 0.2464 ก. ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มล. ได้สารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 50 มก.NO_2-N/ล. (สามารถเก็บไว้ได้นานด้วยการเติมคลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) 2 มล.) แล้วดูดสารละลายนี้มา 10 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 5 มก.NO_2-N/ล. จากนั้นนำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเจือจางความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ ต่อไป

4. สารละลายมาตรฐานไนไตรท์เจือจาง

ดูดสารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 5 มก.NO_2-N/ล. มา 0, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0 และ 10 มล. ใส่ใน Volumetric flask เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 100 มล. สารละลายมีความเข้มข้นมาตรฐานเท่ากับ 0, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5 มก. NO_2-N/ล.

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ปริมาตร 10 มล. ลงในหลอดแก้วฝาเกลียวขนาด 50 มล.

2. เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 0.2 มล. ผสมให้เข้ากัน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา 2-8 นาที เติมสารละลาย N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride 0.2 มล. ผสมให้เข้ากันแล้ววัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร ภายใน 2 ชม.

3. blank และสารละลายมาตรฐานทำเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง

4. การหาความเข้มข้นของไนไตรท์ โดยการเขียนเส้นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์กับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างนั้น

4. ไนเตรท (Strickland and Parsons, 1972)

สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น (NH_4Cl)

ละลายสารแอมโมเนียมคลอไรด์ 125 ก. ในน้ำกลั่น 500 มล.

2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง

เจือจางสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 50 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 2,000 มล.

3. แคดเมียม-คอปเปอร์ ฟิลลิ่ง (cadmium-copper fillings)

- ใช้โลหะแคดเมียมที่มีขนาด 0.5 มม.

- ชั่งโลหะแคดเมียม 100 ก. ล้างด้วยกรดเกลือ (HCl) 5% 300 มล. จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น (200-300 มล./ครั้ง) จนน้ำใสและค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 5 เทน้ำทิ้งให้แห้งแล้วเคลือบด้วยสารละลาย copper sulphate pentahydrate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 2% แล้วกวนด้วยแท่งแก้วจนสีฟ้าของสารละลายจางลงหรือหมดไป

- อุดก้นคอลัมน์ด้านในด้วยใยแก้ว (glass wool) แล้วเติมสารละลาย NH_4Cl เจือจางให้เต็มคอลัมน์

- บรรจุผง cadmium-copper ลงให้เต็มคอลัมน์ ซึ่งมีความยาวประมาณ 30 ซม. ล้างคอลัมน์ด้วย NH_4Cl เจือจาง โดยมีอัตราการไหลประมาณ 100 มล./ 8-12 นาที ถ้าอัตราการไหลมากกว่า 100 มล./ 8 นาที ต้องบังคับอัตราการไหลที่ช่วงเปิดปิดด้านปลายคอลัมน์ให้ช้าลง และถ้าอัตราการไหลช้ากว่า 100 มล./ 8 นาที แสดงว่าผง cadmium-copper มีขนาดเล็กกว่า 0.5 มม. หรือบรรจุแน่นมากเกินไป ควรจะเปลี่ยนหรือเอาผง cadmium-copper ออกบ้าง แล้วอุดด้านบนของคอลัมน์ด้วยใยแก้ว

- ต้องเก็บรักษาคอลัมน์ด้วยสารละลาย NH_4Cl เจือจาง โดยเติมสารละลาย NH_4Cl เจือจางให้เต็มคอลัมน์ ในกรณีที่สงสัยว่าประสิทธิภาพของคอลัมน์ลดลง ให้นำ cadmium-copper ล้างด้วย HCl 5% แล้วเคลือบใหม่ตามวิธีข้างต้น

4. สารละลายซัลฟานิลาไมด์ (sulfanilamide; $NH_2C_6SO_2NH_2$)

การเตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาไนไตรท์ในน้ำ

5. สารละลาย N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride

การเตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาไนไตรท์ในน้ำ

6. สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น

ละลาย KNO_3 0.3609 ก. ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 50 มก.NO_3-N/ล. แล้วดูดสารละลายนี้มา 10 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 5 มก.NO_3-N/ล. นำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเจือจางความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ ต่อไป

7. สารละลายมาตรฐานไนเตรทเจือจาง

ดูดสารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 5 มก.NO_3-N/ล. มา 0, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0 และ 10 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มล. จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5 มก.NO_3-N/ล.

<u>วิธีการ</u>

1. นำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษ GF/C 50 มล. ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มล. เติมสารละลาย NH_4Cl เข้มข้น 1 มล. ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เทลงในคอลัมน์

2. น้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ 40 มล. แรกเททิ้ง รองรับน้ำตัวอย่างที่เหลือ 10 มล.

3. นำน้ำตัวอย่างที่รองรับครั้งหลัง 10 มล. ใส่ในหลอดแก้วที่มีฝาเกลียวปิด เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 0.2 มล. ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 2-8 นาที

4. เติมสารละลาย N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride 0.2 มล. ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร ภายใน 2 ชม.

5. blank และสารละลายมาตรฐานเจือจางทำเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง

6. หาค่าความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำตัวอย่าง โดยสร้างเส้นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรทกับค่าการดูดกลืนแสง โดยนำค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรอง หักออกจากความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ ก็จะทราบค่าความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำตัวอย่างนั้น

5. **ออร์โธฟอสเฟต** (Strickland and Parsons, 1972)

<u>สารเคมี</u>

1. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$)

   ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท 15 ก. ในน้ำกลั่น 500 มล.

2. สารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4)

   ตวงกรดซัลฟูริกเข้มข้น 140 มล. ใส่น้ำกลั่น 900 มล. (ตั้งไว้ให้เย็นเก็บไว้ในขวดแก้ว)

3. สารละลายกรดแอสคอร์บิก (L-Ascorbic acid)

   ละลายกรดแอสคอร์บิก 27 ก. ในน้ำกลั่น 500 มล. (เก็บในขวดพลาสติก และแช่แข็งไว้)

4. สารละลายโพแทสเซียมแอนติโมทิลทาร์เทรต, ($K(SbO)\ C_4H_4O_6$)

   ละลายโพแทสเซียมแอนติโมทิลทาร์เทรต 0.34 ก. ในน้ำกลั่น 250 มล.

5. สารผสม

   ผสมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท 100 มล. สารละลายกรดซัลฟูริก 250 มล. สารละลายกรดแอสคอร์บิก 100 มล. และสารละลายโพแทสเซียมแอนติโมทิลทาร์เทรต 50 มล. (เก็บได้ไม่เกิน 6 ชม. หลังผสม)

6. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น

   ละลาย KH_2PO_4 0.2194 ก. ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มล. (ใส่คลอโรฟอร์ม 1 มล. สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน) ได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 50 มก. PO_4-P/ล. แล้วดูดสารละลายมา 10 มล. เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มล. จะได้สารละลาย

มาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 5 มก.PO_4-P/ล. ซึ่งนำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเจือจางความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ ต่อไป

7. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเจือจาง

ดูดสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 5 มก.PO_4-P/ล. มา 0, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0 และ 10 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มล. จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 0, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5 มก.PO_4-P/ล.

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C 10 มล. ใส่ในหลอดแก้วทดลอง เติมสารผสม 1 มล. เขย่าให้ผสมเข้ากัน ทิ้งไว้ 5 นาที (ไม่เกิน 3 ชม.)

2. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 885 นาโนเมตร

3. blank และสารละลายมาตรฐานเจือจางทำเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง

4. การหาความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต โดยการเขียนเส้นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานออร์โธฟอสเฟตกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตในน้ำตัวอย่างนั้น

6. **บีโอดี** (APHA *et al.*, 1995)

สารเคมี

1. สารละลาย manganous sulfate

ละลาย $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ 400 ก. ด้วยน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรอง แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1 ล.

2. สารละลาย alkali-iodide-azide (AIA)

ละลาย NaOH 500 ก. และ NaI 135 ก. ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล. แล้วละลาย NaN_3 10 ก. ในน้ำกลั่น 40 มล. แล้วนำไปผสมกับสารละลายที่เตรียมไว้ก่อนหน้านี้

3. น้ำแป้ง

ละลาย soluble starch 2 ก. และ salicylic acid 0.2 ก. ด้วยน้ำกลั่น 100 มล. ต้มจนสารละลายใส

4. สารละลายมาตรฐาน Sodium thiosulphate ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 0.025 *N*

ละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 6.205 ก. และ NaOH 0.4 ก. ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล.

5. สารละลาย potassium bi-iodate $\left(KH(IO_3)_2\right)$ 0.025 *N*

ละลาย $KH(IO_3)_2$ 0.8124 มก. ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ล.

6. การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ โดยละลาย potassium iodide (KI) 2 ก. ด้วยน้ำกลั่น 100 มล. โดยใส่ในฟลาสก์ เติม H_2SO_4 เข้มข้น 3 หยด แล้วเติม $KH(IO_3)_2$ 20 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 200 มล. แล้วนำไปไตเตรทกับ sodium thiosulphate จนสีจาง จากนั้นเติมน้ำแป้ง 8 หยด แล้วไตเตรทต่อจนสารละลายใสไม่มีสี ซึ่งควรใช้ 20 มล. จะได้ความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_3$ 0.025 *N* ซึ่ง 1 มล. ของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ 0.025 *N* เท่ากับปริมาณออกซิเจน 1 มก./ล.

7. การเตรียมน้ำเจือจาง (dilution water) :

7.1 Phosphate buffer solution :

ละลาย KH_2PO_4 8.5 ก., K_2HPO_4 21.75 ก., $NaHPO_4 \cdot 7H_2O$ 33.44 ก. และ NH_4Cl 1.7 ก. ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรจนครบ 1 ล.

7.2 Magnesium sulfate solution :

ละลาย $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 22.5 ก. ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ล.

7.3 Calcium chloride solution :

ละลาย $CaCl_2$ 27.5 ก. ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ล.

7.4 Ferric chloride solution :

ละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 0.25 ก. ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ล.

สำหรับน้ำเจือจางทำได้โดยใช้สารละลาย phosphate buffer, magnesium sulfate, calcium chloride และ ferric chloride อย่างละ 1 มล./น้ำกลั่น 1 ล.

<u>วิธีการ</u>

1. เติมออกซิเจนให้แก่น้ำตัวอย่างจนอิ่มตัว

2. เติมน้ำตัวอย่างที่เจือจางอยู่ในช่วง 10-25% ใส่ลงในขวดบีโอดีขนาด 300 มล. ชุดละ 2 ขวด โดยขวดแรกนำมาหาความเข้มข้นปริมาณออกซิเจนเริ่มต้น (DO_0) ส่วนอีกขวดหนึ่งนำไปบ่มในตู้บ่ม ที่อุณหภูมิ 20 ^{0}ซ เป็นเวลา 5 วัน แล้วหาปริมาณออกซิเจนที่ระยะเวลา 5 วัน (DO_5)

3. การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนโดยนำน้ำตัวอย่างที่บรรจุในขวดบีโอดีขนาด 300 มล. มาเติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 มล. และสารละลาย AIA 1 มล. จากนั้นปิดฝาอย่าให้เกิดฟองอากาศ เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งให้ตกตะกอน

4. เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1 มล. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน เพื่อให้กรดละลายตะกอนให้หมด

5. ตวงน้ำตัวอย่างจากขวดบีโอดี 200 มล. ไตเตรทกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ 0.025 *N* จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนจากนั้นเติมน้ำแป้ง 8 หยด แล้วไตเตรทต่อจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี แสดงถึงจุดยุติ

6. คำนวณหาค่าบีโอดี (BOD_5) ได้ตามสูตรดังนี้

$$BOD_5 \text{ (มก./ล.)} = [DO_0 - DO_5]/P$$

เมื่อ DO_0 =ค่า DO น้ำตัวอย่างที่เจือจางวันเริ่มต้น (มก./ล.)

DO_5 =ค่า DO น้ำตัวอย่างที่เจือจางหลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 20 ^{0}ซ นาน 5 วัน (มก./ล.)

P =ค่าสัดส่วนการเจือจาง

7. ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (APHA *et al.*, 1995)

วิธีการ

1. อบกระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 ซม. ให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 ^{0}ซ นาน 1 ชม. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

2. วางกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแล้วลงในชุดกรองสุญญากาศ

3. กรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง โดยอาศัยแรงดูดสุญญากาศ บันทึกปริมาตรน้ำที่ใช้ด้วย

4. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างด้านในกรวยกรอง

5. ปิดชุดกรองสุญญากาศ ใช้ปากคีบจับกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ^{0}ซ นาน 1 ชม. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

6. คำนวณหาปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ตามสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มก./ล.)} = \frac{(A - B) \times 1{,}000}{\text{น้ำตัวอย่างที่ใช้ (มล.)}}$$

เมื่อ A = น้ำหนักกระดาษกรองที่อบหลังการกรองน้ำตัวอย่าง (มก.)

B = น้ำหนักกระดาษกรองที่อบก่อนการกรองน้ำตัวอย่าง (มก.)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายประทีป สองแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 27 สิงหาคม 2512

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
เทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต (ทษ.บ.ประมงน้ำจืด)	สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้	2536

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ทุนบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

อาจารย์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพังงา อ. ตะกั่วทุ่ง จ. พังงา